

Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, pela Faculdade
de Engenharia da Universidade do Porto

Estudo Integrado de variáveis ocupacionais na Industria Extractiva

Jacqueline Castelo Branco da Silva

Porto, Outubro de 2009

Mestrado em
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais



Dissertação

**Estudo Integrado de variáveis ocupacionais na
Industria Extractiva**

Jacqueline Castelo Branco da Silva

Outubro de 2009

Orientador:

Professor João Manuel Abreu dos Santos Baptista

Departamento de Engenharia de Minas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-orientador:

Professor Miguel Tato Diogo

Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Fernando Pessoa

Presidente do Júri:

Professor Doutor Mário Augusto Pires Vaz

Agradecimentos

Ao Professor João Manuel Abreu Santos Baptista por toda a disponibilidade, amizade, orientação científica e apoio na realização deste estudo.

Ao Professor Miguel Tato Diogo pela amizade, disponibilidade e orientação científica.

Aos Professores Sérgio Miguel e Pedro Arezes pela amizade e ajuda na pesquisa bibliográfica.

Aos responsáveis pelas três explorações por me facilitarem todo o acesso às instalações, pelo apoio e disponibilidade que se tornou indispensável para a realização deste estudo.

Aos trabalhadores, a quem dedico especialmente este trabalho, pela amizade, apoio em todos os dias de medição e por me terem ensinado tanto sobre o dia-a-dia desta prática, sem eles este estudo não teria sido possível.

Ao Professor Simões Cortez pela amizade e carinho de Avô, pelo apoio, quer nas orientações científicas e revisões, mas também, nos momentos mais difíceis, em que os seus conselhos foram muitos e especiais.

À Vanessa Machado pela preciosa ajuda na revisão deste trabalho.

À minha família, pelo constante apoio, amor incondicional e suporte familiar, por entenderem tantas ausências e sempre acreditarem em mim.

À minha sobrinha por me desencaminhar tantas vezes.

Aos amigos, pela amizade incondicional, pelas constantes palavras de carinho e força nos momentos mais difíceis e por estarem sempre presentes apesar das minhas ausências.

Resumo

A indústria extractiva portuguesa está legalmente definida como uma indústria de elevado risco devido às características inerentes à própria actividade. Essa característica pode ainda ser agravada se for considerado o carácter cumulativo entre os diferentes factores de risco. Neste sentido, o trabalho desenvolvido nesta dissertação procura dar um primeiro contributo sistemático na procura e definição de relações entre as variáveis ocupacionais e as condicionantes do processo produtivo. A perspectiva foi a de encontrar relações multi-causais entre as condições ambientais, o nível de ruído e as PM_{10} e destas com os procedimentos envolvidos na operação do sistema torva/primário.

Foram efectuadas medições durante o período de trabalho em três explorações para os três factores de risco identificados. Foram ainda tomadas anotações sobre os pontos considerados críticos do processo produtivo como as descargas dos dumpers na torva ou os encravamentos do primário. Os registos foram efectuados em dias de céu limpo e após um número suficiente de dias sem pluviosidade, para garantir a secagem dos produtos oriundos da exploração.

Da análise dos resultados, foram encontradas poucas relações entre as variáveis medidas. Em contrapartida pôde ser registada uma forte relação entre as PM_{10} , com o ciclo de descargas dos dumpers na torva.

Quanto aos objectivos, estes foram atingidos, com particular realce para as importantes perspectivas e oportunidades de trabalho futuro.

Abstract

The Portuguese extractive industry is legally defined as a high risk activity due to the inherent characteristics of the activity itself. This characteristic can be aggravated if considered the cumulative feature/aspect amongst the different factors of risk. In this sense, the research/work developed in this dissertation tends to give a first systematic contribution in the pursue and development of relationships between occupational variables and constraints of the productive process. The main perspective was to find/reach multi-cause relationships between the environmental conditions, noise levels and the PM₁₀, and these with the procedures involved in the operation of the Chute /Primary Crusher system.

Measures were carried out during the research period in three quarries for the three risk factors identified. It was also taken notes on the features considered critical of the productive process as for dumpers discharges in the storage hopper or the jamming of the primary. The readings registered were effectuated on days of clear sky and after a sufficient number of days without rain to guarantee the dryness of the products originated/extracted from the quarry.

From the result analysis, where found a few relationships amongst the measured variables. However a strong relationship between PM₁₀, with the discharge cycles of the dumpers in the Chute.

As for the main aims, these have been attained, particularly enhancing the important perspectives of future research opportunities.

Palavras-chave

Torva, Alimentador, Britador, Ruído, Poeiras, Ambiente Térmico.

Key Words

Chute, Vibrating feather, Primary crusher, Noise, Silica Dust, Thermal environment.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract.....	vi
Palavras-chave	vii
Key Words.....	viii
ABREVIATURAS	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 OBJECTIVOS, METODOLOGIA E ESTRUTURA DA TESE	4
2.1 Objectivos	4
2.2 Metodologia	5
2.3 Estrutura da dissertação	6
3 ESTADO DA ARTE E PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	8
3.1 ENQUADRAMENTO LEGAL DA ACTIVIDADE ECONÓMICA	8
3.2 Ruído.....	10
3.2.1 O Som: Frequência e Espectro	11
3.2.2 Tipos de Ruído	14
3.2.3 O Ouvido e as consequências da Exposição ao Ruído	15
3.2.4 Interferência com a Comunicação	17
3.2.5 Perda de concentração e de rendimento	17
3.2.6 Outras consequências	18
3.2.7 Exposição ao Ruído	19
3.2.8 Legislação em Vigor.....	20
3.2.9 Evolução Histórica	21
3.2.10 Evolução previsível da investigação.....	26
3.3 Poeiras.....	27

3.3.1	A Sílica.....	28
3.3.2	Sílica Cristalina e Doenças Respiratórias.....	29
3.3.3	Efeito das poeiras no homem	29
3.3.4	Silicose	32
3.3.5	A Silicose a nível mundial	33
3.3.6	A Sílica e a Indústria Extractiva.....	35
3.3.7	Valor limite de exposição.....	37
3.3.8	Evolução histórica	41
3.3.9	Evolução previsível da investigação	45
3.4	Ambiente térmico	46
3.4.1	Ambientes neutros.....	48
3.4.2	Efeitos do Frio: Ambientes frios	49
3.4.3	Índice de Arrefecimento pelo Vento: Wind Chill Index	50
3.4.4	Ação sobre o stresse térmico	50
3.4.5	Efeitos do calor: Ambientes Térmicos Quentes.....	52
3.4.6	Avaliação do Ambiente Térmico	53
3.4.7	Enquadramento Legal	56
3.4.8	Evolução Histórica	57
4	RECOLHA DE DADOS	62
4.1	Mina de Quartzo, Feldspato e Granito – Mina A	62
4.1.1	Desmonte.....	62
4.1.2	Sistema Torva /Primário.....	63
4.1.3	Recolha de Dados.....	64
4.2	Pedreiras de Granito – Pedreira B e Pedreira C.....	65
4.2.1	Desmonte.....	65
4.2.2	Sistema Torva /Primário.....	65

4.2.3	Recolha de dados	68
4.2.4	Meios utilizados na medição e no tratamento dos resultados.....	69
4.2.5	Ambiente Térmico	69
4.2.6	Ruído	70
4.2.7	Poeiras	71
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	72
5.1	Mina A – Medição de Exterior	72
5.1.1	Ruído	72
5.1.2	Poeiras	74
5.1.3	Ambiente térmico	77
5.1.4	Comparação entre as variáveis	80
5.2	Pedreira B – Medição de Interior.....	82
5.2.1	Ruído	82
5.2.2	Poeiras	83
5.2.3	Ambiente térmico	84
5.2.4	Comparação entre as variáveis	86
5.3	Pedreira B – Medição de Exterior.....	87
5.3.1	Ruído	87
5.3.2	Poeiras	88
5.3.3	Ambiente térmico	89
5.3.4	Comparação entre as variáveis	90
5.4	Pedreira C – Medição de Interior.....	90
5.4.1	Ruído	90
5.4.2	Poeiras	91
5.4.3	Ambiente térmico	91
5.4.4	Comparação entre as variáveis	93

5.5	Pedreira C – Medição de Exterior	94
5.5.1	Ruído	94
5.5.2	Poeiras	94
5.5.3	Ambiente térmico	95
5.5.4	Comparação entre as variáveis	96
6	CONCLUSÕES	97
7	PERSPECTIVAS FUTURAS	101
8	BIBLIOGRAFIA	103

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 : Conjunto operacional torva/primário nas explorações analisadas	3
Figura 2: Fases da Metodologia	5
Figura 3: Escala de valores de nível de pressão sonora (Arezes, et al., 2009)	12
Figura 4: Anatomia do Ouvido fonte: (Arezes, et al., 2009)	16
Figura 5: Evolução das perdas auditivas fonte: (Arezes, et al., 2009)	17
Figura 6: Vias de Penetração (Miguel, et al., 2005)	30
Figura 7: Doenças do aparelho respiratório, fonte CRSPN.....	34
Figura 8: Fracção inalável, respirável e torácica	38
Figura 9 (a e b): Sistema Torva/Primário na Mina A	63
Figura 10 : Cabine, Britador e Torva na Mina A.....	64
Figura 11 (a e b): Sistema Torva/Primário da Pedreira B	66
Figura 12: Acesso à estrutura de segurança do sistema Torva/Primário da Pedreira B	67
Figura 13: Sistema Torva/Primário da Pedreira C.....	68
Figura 14: Valores de poeiras verificados para a Mina A- dia 18 de Junho de 2008 da parte da manhã.....	75
Figura 15 : Valores de poeiras verificados para a Mina A- dia 18 de Junho de 2008 da parte da tarde	77
Figura 16: WBGT verificado para a Mina A- dia 18 de Junho - parte da manhã	79
Figura 17: WBGT verificado para a Mina A- dia 23 de Junho - parte da tarde	79
Figura 18: Velocidade do ar para a Mina A- período da manhã	80
Figura 19: Comparação entre as variáveis – Mina A- dia 18 de Junho, período da manhã	81
Figura 20: Comparação entre as variáveis – Mina A- dia 18 de Junho, período da tarde... ..	81
Figura 21: Valores de poeiras verificados para a Pedreira B- dia 18 de Junho de 2009 da parte da tarde	84
Figura 22: WBGT verificado para a Pedreira B- dia 18 de Março de 2009 - parte da Tarde	85

Figura 23: WBGT verificado para a Pedreira B- dia 25de Março de 2009 - parte da Tarde	85
Figura 24: Comparação entre as variáveis - interior da Pedreira B- dia 25 de Março, período da tarde	86
Figura 25: Valores de poeiras verificados para a Pedreira B- dia 20 de Abril de 2009 da parte da tarde	88
Figura 26: WBGT verificado para a Pedreira B- dia 20 de Abril de 2009 - parte da Tarde	89
Figura 27: Valores de poeiras verificados para a Pedreira C- dia 5 de Maio de 2009 da parte da manhã	91
Figura 28: WBGT verificado para a Pedreira C- dia 7 de Maio de 2009 - parte da tarde ..	92
Figura 29: Comparação entre as variáveis para o interior da cabine da pedreira C- 6 de Maio de 2009-parte da manhã.....	93
Figura 30: Valores de poeiras verificados para a Pedreira C- dia 21 de Maio de 2009 da parte da manhã	95
Figura 31: WBGT verificado para a Pedreira C- dia 26 de Maio de 2009 - parte da Tarde	96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela1: Resumo dos valores críticos e os respectivos efeitos no ser humano (fonte: AMDE, 2003)	19
Tabela 2: Níveis sonoros estabelecidos pelo Decreto-lei n.º182/2006, de 6 de Setembro..	21
Tabela 3:Pneumoconiose/ Agentes Etiológicos, (The European Network on Silica, 2006)	32
Tabela 4 Valores Limite de Exposição para alguns países da EU, (The European Network on Silica, 2006).....	39
Tabela 5 - Valores limite de Exposição e efeitos críticos para o poluente - sílica livre cristalina de acordo com o Decreto-lei n.º162/90 de 22 de Maio.....	40
Tabela 6: Valores de referência do WBGT em relação ao metabolismo energético usados na ISSO 7243.....	54
Tabela 7: Dados obtidos através das medições realizadas nas 3 explorações	70
Tabela 8: Níveis de Ruído – Mina A para o período da manhã do dia 18 de Junho de 2008	72
Tabela 9: Nível de Ruído – Mina A para o período da Tarde do dia 18 de Junho de 2008	73
Tabela 10: Valores limite de Exposição para a Sílica Cristalina.....	74
Tabela 11: Valores de referência para o WBGT segundo a Norma ISO 7243.....	78
Tabela 12 : Níveis de Ruído – Pedreira B para o período da manhã do dia 18 de Março de 2009	82
Tabela 13: Níveis de Ruído – Pedreira B para o período da manhã do dia 27 de Março de 2009	87
Tabela 14: Níveis de Ruído – Pedreira C para o período da manhã do dia 7 de Maio de 2009	90
Tabela 15: Níveis de Ruído – Pedreira C para o período da manhã do dia 26 de Maio de 2009	94

ABREVIATURAS

CEN	Organização Europeia de Normalização
CLO	Vestuário
CRSPN	Centro Regional de Saúde Pública do Norte
ESI	Índice de stress ambiental
EPI	Equipamento de Protecção individual
HSE	Health and Safety Executive
ISO	Organização Internacional de Normalização
IT	Isolamento térmico ($\text{K}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{W}^{-1}$)
L Cpico	Nível de Pressão sonora de pico
L_{Aeq,T}	O nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado
LEP,d	Nível de exposição pessoal diária
Leqn	Níveis globais por banda de oitava
LP	Nível de Pressão Sonora
M	Poder Metabólico ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety</i>
OIT	<i>Organização Mundial de Saúde</i>
OSHA	<i>Occupational Safety and Health</i>
PAIR	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
PM₁₀	Partículas inaláveis, de diâmetro inferior a 10 micrómetros (μm)
PMV	Voto Médio Previsível
PPD	Percentagem Previsível de Insatisfeitos (%)
Q	Taxa de transferência
Rh	Humidade relativa (%)
REAI	Regime de exercício da actividade industrial
ta	Temperatura ambiente do ar ($^{\circ}\text{C}$)
TE	Temperatura Efectiva
TEC	Temperatura efectiva corrigida
tg	Temperatura de globo ($^{\circ}\text{C}$)
va	Velocidade do ar ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
va	Velocidade do ar relativa ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
VLE	Valor Limite de exposição
VLE – CD	Valor Limite de Exposição – Curta Duração
VLE – CM	Valor Limite de Exposição – Concentração Máxima
VLE –MP	Valor Limite de Exposição – Média Ponderada
WBGT Ext	Índice de temperatura húmida e de globo sob acção Exterior ($^{\circ}\text{C}$)
WBGT Int	Índice de temperatura húmida e de globo sob acção Interior ($^{\circ}\text{C}$)

1 INTRODUÇÃO

A indústria extractiva portuguesa está legalmente definida como indústria de risco elevado, devido às características inerentes à própria actividade.

De acordo com a Autoridade para as Condições de Trabalho, só no corrente ano, 2009, até 31 de Julho, foram registados, na indústria extractiva - sector de minerais não metálicos, 6 acidentes mortais, sendo o segundo sector com maior registo de acidentes mortais.

Entre 2005 e 2008, foram registados, neste sector de actividade, 25 acidentes mortais (Autoridade para as Condições de Trabalho, 2009).

Apesar da actual crise no sector da construção, principal cliente da indústria extractiva a céu aberto em Portugal, esta indústria tem-se mantido com elevados ritmos de actividade, tentando diversificar o seu mercado. Com o lançamento previsto de grandes obras públicas, como o TGV e o novo aeroporto de Lisboa, é natural que se verifique ainda um aumento nesta actividade, nomeadamente no sub-sector das rochas industriais.

Nas rochas ornamentais, os ritmos actuais de actividade reflectem um aumento de competitividade das empresas, consequência da valorização interna dos produtos comercializados, melhoria dos padrões de qualidade e maior agressividade nos mercados externos.

Com o ciclo de retoma que se perspectiva, virá um aumento da actividade desta industria e com ele um possível aumento da sinistralidade laboral. Se tivermos em consideração o passado, em que, para além da mortalidade verificada, são inúmeros os acidentes graves e as doenças ocupacionais associadas a este tipo de indústrias, torna-se fundamental prevenir no sentido de evitar e minimizar o número de acidentes nesta actividade, a qual apresenta o maior índice de sinistralidade a nível nacional.

Considerando, apenas, o conjunto torva/primário, os riscos inerentes ao seu funcionamento são relevantes, tanto para a vertente ambiental como ocupacional. Para além dos riscos normalmente abordados e avaliados neste tipo de situações, podemos, e apenas a título de exemplo, referir outros que advém do facto de se tratar de um trabalho realizado ao ar livre sob condições atmosféricas adversas, com exposição a poeiras, ao ruído, a vibrações, à queda de blocos, ou ainda a possibilidade de ocorrência de situações de emergência resultantes de explosões, ou outros riscos relevantes específicos de cada unidade industrial.



Figura 1 : Conjunto operacional torva/primário nas explorações analisadas

Tradicionalmente, na indústria extractiva, apenas parâmetros como o ruído, as poeiras ou as vibrações aparecem associados a valores quantitativos e são analisados mediante a realização de medições. Estão ligados a valores limite de exposição, ou a doses acima das quais ocorrem danos para a saúde, estando, deste modo, a sua monitorização facilitada do ponto de vista industrial.

Não subestimando a importância do acima exposto, torna-se cada vez mais fundamental o estudo de todas estas variáveis e condicionantes, adaptadas a este tipo de indústria com características únicas.

No que diz respeito ao ambiente térmico, ruído e PM_{10} , geralmente consideram-se como factores de análise unicamente os valores limite de exposição definidos na legislação. Estes factores de exposição são analisados de modo independente para cada um dos parâmetros referidos. Neste contexto, torna-se importante analisar outras vertentes como as características do local, a disposição dos equipamentos, os métodos de produção, a relação entre as próprias variáveis de risco, para que a avaliação das condições de trabalho tenha uma profundidade adequada ao risco da actividade.

Neste trabalho, procurar-se-á fazer uma abordagem prospectiva no sentido de uma aproximação multicausal aos problemas de segurança e saúde que afectam a indústria extractiva a céu aberto.

2 OBJECTIVOS, METODOLOGIA E ESTRUTURA DA TESE

2.1 OBJECTIVOS

Na indústria extractiva, o trabalho é feito, frequentemente, em situações limite. No entanto, efectuadas as medições dos respectivos parâmetros, verificamos que as empresas têm preocupação que os valores de todos os parâmetros com VLE definido legalmente estejam dentro dos limites impostos. Por isso, pelo menos em teoria, eventuais danos para a saúde dos profissionais expostos não são relevantes.

A problemática acima apresentada para a indústria extractiva é comum a muitos outros ramos de actividade, em que há exposição múltipla. Como exemplo, pode apresentar-se a construção civil, com exposição a ruído PM_{10} e temperaturas extremas, os motoristas de transportes urbanos com exposição a vibrações e gases de combustão, trabalhadores da indústria do papel, com exposição a gases com enxofre e temperaturas elevadas e os bombeiros com jornadas de trabalho longas e exposição a altas temperaturas. Outros exemplos poderiam ser apresentados.

A questão que se coloca em todos estes casos é se a exposição simultânea a valores elevados poderá ter um aspecto sinérgico negativo, tanto em termos de saúde como em termos de potenciação de acidentes.

Com este trabalho procura-se dar um pequeno passo no sentido da análise de potenciais efeitos cumulativos provocados pela exposição simultânea e em níveis elevados a múltiplos factores como os mencionados. Esse passo será no sentido do conhecimento da evolução, ao longo do dia, dos factores mencionados, das condicionantes desses factores e das suas eventuais interferências mútuas. O *focus* será na indústria extractiva, em que a exposição simultânea a ruído, PM_{10} e temperaturas extremas é quase que “inerente” à própria actividade.

Entre a multiplicidade de factores com que se poderia iniciar um projecto de investigação nesta área, neste trabalho, procurar-se-á caracterizar a situação em termos de exposição dos trabalhadores envolvidos nas operações do sistema “torva/primário”. Neste contexto, os objectivos principais deste trabalho são os seguintes:

- Caracterizar os parâmetros ruído, PM_{10} e ambiente térmico junto do sistema torva/primário;

- Verificar a existência, ou não, de relações entre eles e com parâmetros operacionais.

Para o efeito, foram feitas medições em três explorações a céu aberto, no interior e exterior das cabines de controlo do sistema torva/primário.

Como objectivos secundários, e no sentido de, desde já, estabelecer propostas de melhoria das condições de trabalho e diminuição de factores de risco para a saúde, foram definidos os seguintes:

- Identificar práticas e processos que envolvam perigo ocupacional;
- Sugerir soluções de melhoria.

2.2 METODOLOGIA

A metodologia usada nesta investigação foi estruturada de acordo com as seguintes fases:

- Pesquisa Bibliográfica e Estado da Arte;
- Identificação de Práticas e Processos;
- Levantamento e caracterização do Ruído, PM₁₀ e Ambiente Térmico;
- Análise dos Resultados;
- Identificação de relações entre as três variáveis e proposta de melhoria;
- Conclusões e Desenvolvimentos futuros.

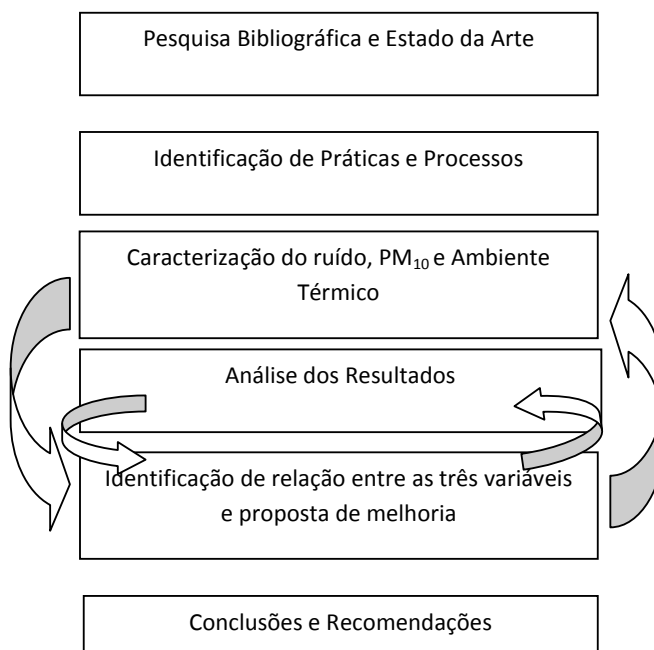


Figura 2: Fases da Metodologia

Pesquisa Bibliográfica e Estado da Arte: nesta fase foi efectuado o enquadramento do tema do ponto de vista histórico e evolutivo, a identificação e caracterização das variáveis alvo deste estudo, o enquadramento legal da actividade e as preocupações da comunidade científica nas várias vertentes abordadas.

Identificação de Práticas e Processos: procurou-se fazer uma caracterização exaustiva das explorações alvo deste estudo e das suas características, bem como das condições atmosféricas verificadas e condições de trabalho, para que o levantamento de dados fosse o mais preciso possível.

Levantamento e caracterização do Ruído, PM₁₀ e Ambiente Térmico: através da utilização de equipamento específico, fizeram-se medições dentro das cabines dos trabalhadores e fora destas, de forma a representar o dia-a-dia de trabalho.

Análise dos Resultados, identificação da relação entre as três variáveis e propostas de melhoria: o trabalho de tratamento e de interpretação dos dados foi inicialmente efectuado para cada uma das explorações. Foram analisados os dados obtidos dentro e fora das cabines de controlo e correlacionadas as três variáveis, tendo em atenção as condições verificadas no local. Posteriormente, estendeu-se a análise à comparação das três explorações para as mesmas condições, ou seja, a análise no interior e no exterior da cabine. Finalmente, foi efectuada uma tentativa de encontrar relações na variação das três variáveis para cada uma das explorações e individualmente.

Conclusões e Desenvolvimentos Futuros: são apresentadas as conclusões sobre cada uma das temáticas analisadas e a perspectiva de desenvolvimento de trabalhos futuros.

2.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação encontra-se organizada em seis partes.

O primeiro capítulo, onde consta a introdução a este estudo, faz o enquadramento do tema e identifica a temática alvo.

No segundo capítulo, são definidos os objectivos, descrita a metodologia de investigação adoptada e definida a estrutura da dissertação.

No terceiro capítulo, apresenta-se o estado da arte e a revisão bibliográfica que é dividida pelas temáticas principais, ruído, poeiras e ambiente térmico. Em cada um dos temas, são definidos os conceitos principais, as principais dificuldades encontradas, o enquadramento

legal específico para a indústria, a evolução história sobre o tema e, finalmente, as perspectivas futuras, em termos de investigação.

O quarto capítulo é dedicado à recolha de dados, onde são caracterizadas as três explorações onde foi feito o estudo e definidos os critérios utilizados para a recolha de dados em cada uma delas. São, ainda, caracterizadas as condições em que as recolhas de dados foram efectuadas, bem como o equipamento utilizado.

O quinto capítulo corresponde aos resultados e discussão, quer em termos de evolução de cada variável ao longo do período de medições quer à possível relação entre as variáveis.

No sexto capítulo, são apresentadas as conclusões sobre cada uma das temáticas analisadas e a perspectiva de desenvolvimento de trabalhos futuros.

3 ESTADO DA ARTE E PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

3.1 ENQUADRAMENTO LEGAL DA ACTIVIDADE ECONÓMICA

Como primeiro ponto de análise, de referir o Decreto-Lei n.º 90/90, de 16 de Março que disciplina o regime jurídico de revelação e aproveitamento de bens naturais existentes na crosta terrestre, genericamente designados por recursos geológicos, integrados ou não no domínio público, com excepção das ocorrências de hidrocarbonetos. Nele se referem:

- Depósitos minerais;
- Massas minerais;
- Águas de nascente;
- Recursos hidrominerais;
- Recursos geotérmicos.

Não se integram no domínio público do Estado, podendo ser objecto de propriedade privada ou outros direitos reais, os recursos geológicos designados por:

- Massas minerais;
- Águas de nascente.

Para o presente trabalho, será analisado o enquadramento jurídico das: “massas minerais (...) rochas e ocorrências minerais não qualificadas legalmente como depósito mineral”, tal como estabelecido no artigo 5.º do referido diploma. Ainda neste quadro jurídico, estabelece o artigo 11.º “os estabelecimentos de exploração de massas minerais tomam a designação legal de pedreiras”.

A exploração de pedreiras é caracterizada e enquadrada, do ponto de vista jurídico, pelo Decreto-Lei n.º 207/2001, de 6 de Outubro. Entre muitos outros aspectos, este diploma especifica, de forma muito clara nos seus anexos (por exemplo no Anexo VI) quais os elementos necessários para se proceder ao licenciamento de uma pedreira seja de rochas industriais, ou de rochas ornamentais.

Contudo, este diploma revelou-se demasiado exigente, ao pretender regular, através de um regime único, um universo tão vasto e diferenciado como é o do aproveitamento das massas minerais das diversas classes de pedreiras pelo que foi actualizado pelo Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12 de Outubro que tem, como objectivo essencial, adequa-lo à realidade do sector. Das alterações introduzidas pelo novo diploma, salienta-se o

restabelecimento do princípio do interlocutor único, a clarificação da intervenção e das competências fiscalizadoras das diferentes entidades e a criação de instrumentos legais com abordagens técnico-administrativas mais eficazes e de reconhecida sustentabilidade técnica e ambiental, tais como as figuras dos projectos integrados e dos planos trienais.

Dado que muitas pedreiras estão dotadas de oficinas de transformação de rochas ornamentais e de instalações de britagem no caso de rochas de carácter industrial, ao regime de licenciamento das pedreiras, aplica-se igualmente o Decreto-Lei n.º 209/2008, de 29 de Outubro, referente ao regime de Licenciamento Industrial,

O Decreto-Lei n.º 209/2008, de 29 de Outubro estabelece o regime de exercício da actividade industrial (REAI), com o objectivo de prevenir os riscos e inconvenientes resultantes da exploração dos estabelecimentos industriais, visando salvaguardar a saúde pública e dos trabalhadores, a segurança de pessoas e bens, a higiene e segurança dos locais de trabalho, a qualidade do ambiente e um correcto ordenamento do território, num quadro de desenvolvimento sustentável e de responsabilidade social das empresas.

Regulamentação de Segurança e Saúde Aplicável à Indústria Extractiva

Em matéria de segurança e saúde no trabalho, o exercício da actividade profissional na indústria extractiva é uma actividade classificada como sendo de risco elevado pelo disposto no artigo 79.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro, que regulamenta o regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e da saúde no trabalho, de acordo com o previsto no artigo 284.º do Código do Trabalho, no que respeita à prevenção. Este risco está intimamente associado à utilização de explosivos bem como ao facto de os trabalhos de pedreira decorrerem, na sua maioria, no exterior e sob a influência de diversos factores tais como: movimentação de equipamentos, ruído, poeiras, condições adversas, projecções, entre outros.

No contexto sectorial, a regulamentação de Segurança e Saúde do Trabalho para o sector extractivo, tem por base a seguinte legislação:

Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de Maio, que aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Este diploma é de extrema importância já que é o único específico para esta actividade que aborda, de forma muito completa, todos os aspectos fundamentais para a prevenção de riscos profissionais e combate em caso de acidente ou situações de emergência.

O Regulamento supracitado deve ser articulado com o Decreto-Lei nº 324/95, de 29 de Novembro, que transpõe para a ordem jurídica interna as Directivas nºs 92/91/CEE, de 03 de Novembro e 92/104/CEE, de 03 de Dezembro, relativas às prescrições mínimas de saúde e segurança a aplicar nas indústrias extractivas por exploração a céu aberto ou subterrâneas. Este diploma está regulamentado pelas duas portarias seguintes:

- Portaria nº 198/96, de 04 de Junho que regula as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho das indústrias extractivas a céu aberto ou subterrâneas;
- Portaria nº 197/96, de 04 de Junho que regula as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extractivas por perfuração.

Ainda em contexto sectorial, o Decreto-lei 340/2007, define “ «Pedreira» como o conjunto formado por qualquer massa mineral objecto de licenciamento, pelas instalações necessárias à sua lavra, área de extracção e zonas de defesa, pelos depósitos de massas minerais extraídas, estéreis e terras removidas e, bem assim, pelos seus anexos” e “ «Anexos de pedreira» as instalações e oficinas para serviços integrantes ou auxiliares de exploração de massas minerais e exclusivamente afectos àquela actividade, nomeadamente as oficinas para a manutenção dos meios mecânicos utilizados, as instalações para acondicionamento das substâncias extraídas, para os serviços de apoio imprescindíveis aos trabalhadores, bem como os estabelecimentos de indústria extractiva” Em matéria de prevenção de riscos profissionais importa incluir, a *Portaria nº 53/71, de 3 de Fevereiro que Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais*, com as alterações introduzidas pela *Portaria nº 702/80, de 22 de Setembro*.

Sem prejuízo da demais legislação em matéria de prevenção de riscos ocupacionais, as referências supracitadas são a base legal sectorial para a exploração de pedreiras.

3.2 RUÍDO

Ruído é uma palavra com origem no latim *rugitu* que significa estrondo. A exposição ao ruído é reconhecida como um dos factores de risco ocupacional e constitui um dos riscos mais importantes em meio industrial. Estima-se que uma em cada dez pessoas a nível mundial, sofra de problemas derivados da exposição ao ruído. (Arezes & Miguel, 2002).

Na indústria extractiva, as fontes principais de ruído são o trânsito das frotas de carga e transporte, os rebentamentos, o arranque dos motores e movimentações das máquinas e, principalmente, o ruído causado pelo impacto do material com os equipamentos metálicos (torvas, britadores e crivos) e outros equipamentos como correias transportadoras (Inspecção Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2004).

Segundo o Livro Verde da União Europeia para a Futura Política relativa ao ruído citada por Pedro Arezes, estima-se que cerca de 80 milhões de pessoas na UE (cerca de 20% da população) estejam expostas a níveis de pressão sonora inaceitáveis, originando vários efeitos adversos na saúde. (Arezes & Miguel, 2009).

Edelson, num trabalho apresentado em 2009, e mencionando vários estudos também desenvolvidos por outros autores como Sinclair and Haflidson (1995), Legris and Poulin (1998) e Suter (2002), refere que a exposição ao ruído excessivo nos locais de trabalho é muito comum na indústria da construção e é muito comum os trabalhadores estarem expostos a níveis muito superiores a 85 dBA e a 90 dBA durante as 8 horas de trabalho, valores recomendados respectivamente pelo National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) e pela Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 1983). Por exemplo, nos Estados Unidos, estima-se que cerca de dois terços dos trabalhadores da indústria da construção estejam expostos a níveis de ruídos que excedem os 85 dBA (J. Edelson, 2009).

Nos últimos anos, o ruído industrial foi-se transformando numa necessidade de silêncio, considerando-se que a existência de ambientes silenciosos não era um luxo, mas uma necessidade crescente, quer nos locais de trabalho, quer fora destes (Arezes, et al., 2002).

O aumento da industrialização das actividades económicas tem sido o principal factor para o agravamento dos problemas derivados da exposição ao ruído. No entanto, nos últimos anos, a necessidade de postos de trabalho mais silenciosos tem-se tornando numa das prioridades das indústrias (Arezes, et al., 2009).

3.2.1 O Som: Frequência e Espectro

Som pode ser definido como uma qualquer variação de pressão que o ouvido pode detectar e existe quando determinadas perturbações no meio físico actuam sobre o sistema auditivo desencadeando um processo cognitivo, que vai desde o ouvido externo ao córtex cerebral.

Quando uma fonte sonora, como um diapasão, vibra, provoca variações de pressão no ar ambiente. Comparada com a pressão habitual do ar (em Pascal), a variação da pressão (ΔP) é perceptível pelo ouvido humano na gama de 20 μPa a 100 Pa, para um indivíduo médio em plena posse das suas capacidades auditivas. A unidade de pressão sonora é o decibel, dB. O decibel é uma razão logarítmica entre a pressão sonora verificada e o valor de referência. A escala de valores de nível de pressão sonora varia entre 0 dB (limiar da audição) e 130 dB (limiar da dor).

Há uma maior sensibilidade do ouvido às frequências médias, onde se expressa a voz humana. Para reproduzir essa sensibilidade, utiliza-se o decibel corrigido com um filtro de ponderação de frequências, dB (A). Mas o som e o ruído, apesar de serem o mesmo fenómeno físico, não são considerados idênticos. O ruído é considerado como um som desagradável ou indesejável que pode provocar desconforto, enquanto um som não é considerado, necessariamente, um ruído.

A percepção do ruído depende das pessoas, dos momentos e dos locais. É por isso que é difícil, determinar objectivamente, a incomodidade, Figura 3.



Figura 3: Escala de valores de nível de pressão sonora (Arezes, et al., 2009)

A capacidade auditiva humana apresenta valores diversos mas, em média, pode-se afirmar que o ouvido capta sons desde 20Hz até aos 20000 KHz, existindo uma gama (audível) de valores onde a sensibilidade auditiva é mais evidente: 500Hz e 6000Hz (Chambel, 2005). A gama audível está dividida em 10 grupos de frequências, designados por oitavas, e cada oitava, subdividida em 3 grupos, terços de oitava (Miguel, 2007). De acordo com a norma portuguesa NP 1730-1 ("Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos" - 1996), o nível de pressão sonora, L_p , decibéis, é dado pela seguinte expressão:

$$L_p = 10 \times \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \times \log \frac{p}{p_0}$$

em que:

p - é o valor eficaz da pressão sonora, em pascal;

p₀ - o valor eficaz da pressão sonora de referência (2×10^{-5} Pa).

A exposição ocupacional ao ruído é, normalmente, avaliada em termos do nível de exposição diário, correspondente a uma exposição de 8 horas diárias. Assim, segundo a norma ISO 1999 (1981), o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq,T}$, é expresso pela seguinte equação:

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

onde $t_2 - t_1$ é o intervalo de tempo T no qual se pretende estabelecer um valor médio, começando em t_1 e terminando em t_2 .

Desta forma, o nível de exposição pessoal diária, $L_{EP,d}$, pode ser calculado pela seguinte equação:

$$L_{EP,d} = L_{Aeq,T} + 10 \times \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right]$$

onde T_e representa a duração efectiva do tempo de exposição diário, ao ruído L_{Aeq} , e T_0 as 8 horas de duração de referência.

3.2.2 Tipos de Ruído

A Perda Ocupacional ou Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) é um distúrbio auditivo que afecta muitos trabalhadores expostos a ambientes de trabalho ruidosos (Barros, 1998).

No dia-a-dia, é frequente lidarmos com ruídos de origem intermitente como, por exemplo, os dos sistemas de ventilação. O nosso ouvido reconhece informações nos sons que ouvimos, e as informações que nos incomodam são ruídos. O ruído tem características próprias que nos incomodam, que são o seu timbre e alterações o nível sonoro. Dependendo destas e de outras características, o ruído vai ser diferente. Os diferentes tipos de ruído requerem diferentes tipos de estratégias na sua medição.

A norma ISO 2204:1979 (Miguel, 2007), refere que o espectro de ruído pode ser contínuo ou com sons puros audíveis e, tendo em conta a dependência, o ruído pode ser uniforme ou não estacionário (com o nível de ruído a variar significativamente) (Miguel, 2007).

Segundo Miguel (2007), o ruído não estacionário pode subdividir-se em ruído flutuante, intermitente e impulsivo:

Ruído Continuo ou Flutuante

Tem um nível que varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação. É produzido por máquinas que funcionam sem interrupção.

Ruído Intermitente

Quando as máquinas operam em ciclos ou quando, por exemplo, algum veículo passa por nós, o nível de som aumenta e diminui rapidamente. O ciclo de tempo em que o ruído aumenta pode ser medido da mesma forma que o ruído contínuo, no entanto, o período de tempo desse ciclo deverá ser apontado. No caso de se tratar da passagem de um veículo (o qual é chamado de “evento”), o valor máximo registado também deverá ser apontado. Deverá ser feita a medição de um número de eventos semelhantes para estabelecer uma média.

Ruído Impulsivo

Caracteriza-se por impulsos violentos como os verificados em explosões ou impactos. É breve e abrupto. É um tipo de ruído que pode provocar grandes danos e que é bastante incomodativo. Este tipo de ruído subdivide-se em ruído de impulso isolado de energia e impulsivo quase estável (Miguel, 2007).

O ruído é uma das principais causas da degradação da qualidade do ambiente urbano. Os transportes são os principais responsáveis, embora o ruído de actividades industriais e comerciais possa assumir relevo em situações pontuais.

Os níveis sonoros relacionados com o Ruído Ambiente raramente afectam o sistema auditivo. Os efeitos mais frequentes traduzem-se em perturbações psicológicas ou fisiológicas associadas a reacções de stresse e cansaço. O ruído interfere com as comunicações e provoca perturbações no sono, na capacidade de concentração e hipertensão arterial (Miguel, 2007).

Os seus efeitos sobre as pessoas dependem essencialmente da amplitude, frequência e duração (Arezes, et al., 2009).

Segundo o director da Agência Europeia “o ruído no local de trabalho ainda é visto como um mal necessário e, como os seus efeitos não são imediatos, não é considerado uma prioridade. O ruído tem, efectivamente, um impacto devastador sobre a nossa saúde, afectando não só trabalhadores metalúrgicos ou da construção mas, também, milhões de pessoas” (Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho, 2005).

Contudo, na última década, a acústica ganhou um outro estatuto, adquiriu grande importância, tanto nos problemas psicológicos e sociais relacionados com o ruído, como na tecnologia.

O documento “Guidelines for Community Noise, 1999” refere que, nos países da União Europeia, cerca de 40% da população está exposta ao ruído de tráfego com um nível equivalente de pressão sonora excedendo os 55 dB(A). Está demonstrado também que, nos trabalhadores com crianças, o ruído pode afectar o desempenho de tarefas cognitivas. Leitura, atenção, resolução de problemas e memorização estão entre os efeitos cognitivos mais afectados pelo ruído. (Berglund, et al., 1999)

3.2.3 O Ouvido e as consequências da Exposição ao Ruído

Na sua constituição, o ouvido divide-se em três partes fundamentais: ouvido externo, ouvido interno e ouvido médio (Figura 4).

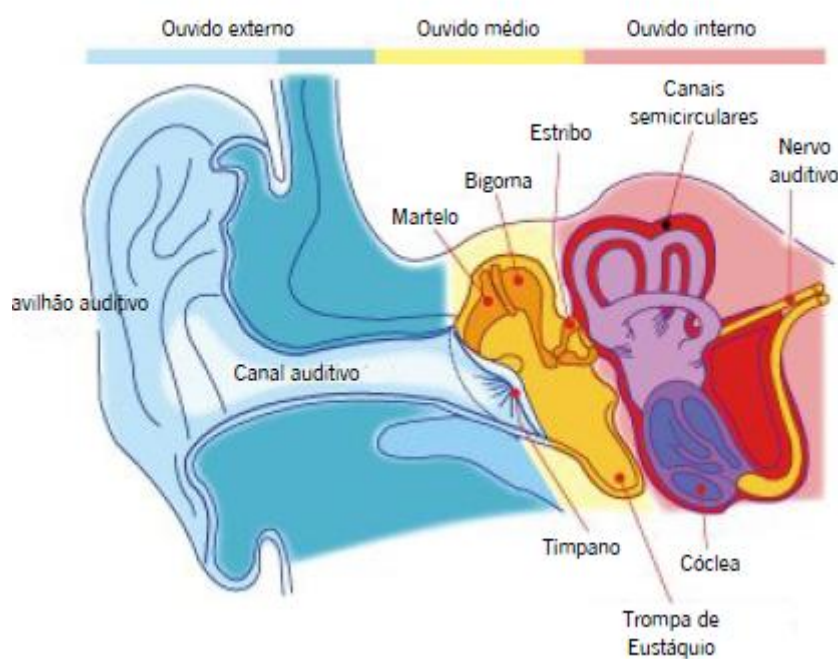


Figura 4: Anatomia do Ouvido fonte: (Arezes, et al., 2009)

O ouvido externo e o ouvido médio fazem a recepção da onda sonora, transformando a energia acústica em vibrações acústicas e intensificando-as. Por sua vez, o ouvido interno transforma esta mesma energia em impulsos eléctricos que são transmitidos ao cérebro (Abelenda, 2006).

Quando expostas a sobrecargas de ruído, as células do ouvido sofrem alterações, aparecendo a perda de audição (Abelenda, 2006).

A diminuição da audição e os vários problemas de saúde adjacentes são função da intensidade, frequência e tempo de exposição ao ruído, variando também de indivíduo para indivíduo (Miguel, 2007).

Após a exposição ao ruído, poderá ocorrer a existência de um zumbido contínuo nos ouvidos (acufeno - percepção constante, por parte do paciente, de um “ruído, com carácter temporário), mudanças na intensidade dos sons, mudança na tonalidade, mudanças na capacidade de sobreposição a outros estímulos auditivos, distorção (mudança no tom do estímulo) aparente dos sons.

O organismo é afectado pelo ruído, manifestando-se através de várias reacções.

De acordo com Bell, citado em Miguel, (2007), a evolução das perdas auditivas pode ser descrita em 3 estádios (Figura 5).

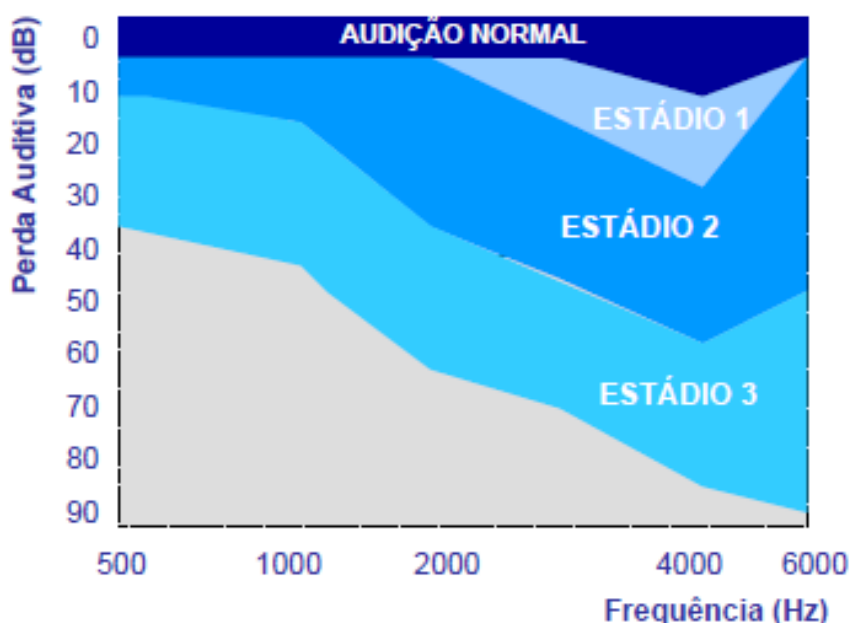


Figura 5: Evolução das perdas auditivas fonte: (Arezes, et al., 2009)

3.2.4 Interferência com a Comunicação

O ruído está na origem dos obstáculos à comunicação, tão frequentemente verificados em ambientes ruidosos. O nível de som de uma conversação em tom normal, a 1 metro da outra pessoa, varia entre os 50 e 55 dB(A), falando aos gritos pode-se chegar a valores de 75 ou 80 dB(A). Por outro lado, para que a palavra seja perfeitamente audível, é necessário que a sua intensidade supere em 15 dB(A) o ruído de fundo. Portanto, um ruído de fundo superior a 35 ou 40 dB(A) aos valores normais da conversação provocará dificuldades na comunicação oral que só se podem resolver, parcialmente, aumentando o tom de voz. A partir dos 65 dB(A) de ruído de fundo, a conversação torna-se extremamente difícil.

3.2.5 Perda de concentração e de rendimento

Quando estamos perante uma tarefa que nos requer um elevado estado de concentração, a existência de um ruído repentino produzirá distrações que reduzem o rendimento, dando origem a erros de execução e diminuição da qualidade do trabalho desenvolvido, podendo até colocar o trabalhador em risco de acidente laboral.

3.2.6 Outras consequências

Perda da Capacidade auditiva: depende da frequência e intensidade do ruído e varia de indivíduo para indivíduo. Poderá consistir numa surdez provisória ou em fadiga auditiva ou até em surdez permanente (com lesões ao nível do ouvido interno) provocada por exposições a níveis de ruído superiores a 75 dB(A) ou a sons de curta duração a mais de 110 dB(A) (Arezes & Miguel, 2009).

Transtornos do Sono: quando o nível e pressão sonora atingem os 30 dB, destaca-se a dificuldade ou impossibilidade de dormir, interrupções que repetidas podem originar insónias e diminuição da qualidade do sono.

Stresse: com níveis de ruído que afectam a concentração e a comunicação ou que tenham afectado a tranquilidade, descanso ou sono, podem desenvolver-se quadros de stresse, nomeadamente:

- Cansaço crónico;
- Tendência para insónias;
- Doenças cardiovasculares;
- Transtornos psicofísicos como ansiedade, depressão, irritabilidade, náuseas, enxaquecas;
- Variações de conduta, especialmente comportamentos antissociais, como a hostilidade, intolerância e agressividade (AMDE, 2003).
- Danos do ouvido.

O stresse depende, unicamente, da intensidade do som, sujeito, naturalmente a variações individuais.

Na **surdez transitória** ou fadiga auditiva, não existe lesão. A recuperação é, normalmente, total ao fim de 2 horas e completa ao fim de 16 horas de cessar o ruído, se permanecer num estado de conforto acústico. A **surdez permanente** resulta de exposições prolongadas a níveis superiores a 75 dB(A), bem como a sons de curta duração a mais de 110 dB(A) ou por acumulação da fadiga auditiva sem tempos suficientes de recuperação. Existem lesões do ouvido interno (AMDE, 2003).

Na Tabela 1 apresenta-se um resumo dos valores críticos e os respectivos efeitos no ser humano.

Estudos relacionados com os efeitos do ruído no corpo humano referidos por Pimentel-Souza, citados por Pedro Arezes (2002), têm como principal objectivo a monitorização das mudanças de indicadores individuais, como a pressão sanguínea, frequência cardíaca, respiração, funcionamento gastrointestinal, entre outros. A maior parte destes parâmetros são considerados indicadores de stress fisiológico.

Tabela1: Resumo dos valores críticos e os respectivos efeitos no ser humano (fonte: AMDE, 2003)

Nível de Pressão Sonora dB	Efeitos no corpo humano
30	Dificuldade em conciliar o sono Perda de qualidade do sono
40	Dificuldade na comunicação verbal
45	Provável interrupção do sono
50	Incomodo diurno moderado
55	Incomodo diurno forte
65	Comunicação verbal extremamente difícil
75	Perda de audição a longo prazo
110 – 140	Perda de audição a curto prazo

Outros trabalhos, orientados para trabalhadores com exposição permanente ao ruído, dão ênfase à existência de patologias vasculares e hipertensão, ao aparecimento de úlceras gástricas, mudanças nas secreções hormonais, atrofia ou hipertrofia glandular, diminuição do intervalo entre a exposição e as alterações cardiovasculares e hormonais.

Em termos psíquicos, o ruído poderá ter efeitos diversos, por exemplo, a fadiga e o aumento de irritabilidade (Arezes, 2002).

3.2.7 Exposição ao Ruído

De acordo com um estudo realizado por Leal e Fradique, entre 1999 e 2004, na região de Lisboa e Vale do Tejo, a actividade que apresenta a maior fracção de trabalhadores com exposição a níveis de ruído superiores ao valor limite é a indústria da pedra (43%), sendo também a que apresenta maior fracção de trabalhadores com exposição a níveis de ruído iguais ou superiores ao valor limite de exposição (76%) (Leal, et al., 2004).

O mesmo estudo refere, ainda, que a indústria da pedra apresenta uma percentagem de trabalhadores com níveis sonoros superiores comparados com as outras indústrias. É

importante salientar que ainda há trabalhadores expostos aos níveis sonoros mais elevados nomeadamente, acima de 95dB e 100 dB (Leal, et al., 2004).

Os ruídos associados a esta actividade são os produzidos pelo trânsito dos veículos pesados que transportam material da pedreira e das próprias centrais de britagem. Nos locais de extração, os ruídos prendem-se com os rebentamentos, o arrancar dos motores e a movimentação das máquinas. Já nas centrais de britagem, o ruído provocado pelo impacto do material com os equipamentos metálicos nas unidades de lavagem, classificação e transformação de pedra, são as principais fontes de ruído (Inspecção Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2004).

3.2.8 Legislação em Vigor

A história legislativa referente à exposição ocupacional ao ruído está intimamente ligada à própria legislação sobre as condições de trabalho em geral (Arezes, 2002). É, no entanto, no Decreto-Lei n.º 251/87, de 24 de Junho, que aprova o Regulamento Geral sobre o Ruído que a exposição ao ruído surge pela primeira vez como elemento nuclear em termos legislativos.

Pese embora a importância do diploma anteriormente citado, a 6 de Fevereiro de 2003, surge a Directiva Europeia n.º 2003/10/CE relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a agentes físicos (ruído). A transposição desta directiva para o direito interno é realizada através do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, o qual, entre outras disposições, define novos valores limite de exposição (VLE) e, por conseguinte, estabelece critérios de definição de risco mais restritivos que a anterior legislação em vigor.

De acordo com o referido Decreto-Lei n.º 182/2006, os valores-limite e de acção, no que diz respeito à exposição pessoal diária e ao nível de pressão sonora de pico, são dados pela Tabela 2.

A determinação destes valores deverá ter em conta a atenuação proporcionada pelos protectores auditivos, mas os valores da acção não deverão ter em conta os efeitos decorrentes da utilização dos protectores auditivos.

Tabela 2: Níveis sonoros estabelecidos pelo Decreto-lei n.º182/2006, de 6 de Setembro

Valores Obtidos	Nível de Risco	Natureza da acção consequente
$L_{Ex, 8h} < 80 \text{ dB (A)}$	R (Reduzido)	Verificação da exposição a efectuar apenas na eventualidade de alterações ao processo de trabalho
$LC_{pico} < 135 \text{ dB (C)}$		
$80 \text{ dB(A)} < L_{Ex, 8h} < 85 \text{ dB(A)}$	M (Médio)	Medidas preventivas de redução da exposição. É necessária a vigilância médica da função auditiva de dois em dois anos. Deverá disponibilizar-se a protecção auditiva adequada.
$135 \text{ dB(C)} < LC_{pico} < 137 \text{ dB (C)}$		
$85 \text{ dB(A)} \leq L_{Ex, 8h} < 87 \text{ dB(A)}$	I (Intermédio)	Estabelecimento e aplicação de um programa de medidas técnicas ou de organização do tempo de trabalho. Assegurar a utilização de protectores auditivos. Verificação mínima anual dos níveis de exposição.
$137 \text{ dB(C)} \leq LC_{pico} < 140 \text{ dB (C)}$		
$L_{EX, 8h} > 87 \text{ dB(A)}$	E (Elevado)	Medidas imediatas que reduzam o nível de risco a pelo menos intermédio. Neste tipo de VLE, é tida em consideração a utilização de protectores auditivos.
$LC_{pico} > 140 \text{ dB (C)}$		

3.2.9 Evolução Histórica

Apesar de, com a revolução industrial, o número de pessoas expostas ao ruído tenha disparado, mesmo antes de esta acontecer, já existiam pessoas expostas ao ruído elevado nos seus postos de trabalho. No entanto, foi com este acontecimento e com a constante mecanização dos postos de trabalho que a necessidade de estudar o ruído, como factor de risco ocupacional, se tornou indispensável (Arezes, 2002).

Existem trabalhos conhecidos sobre ruído já desde o século XIX. No entanto, segundo Habermann, os trabalhos científicos publicados até 1890 sobre o tema faziam apenas descrições e observações clínicas. Apenas em 1907 se iniciaram os estudos científicos sistemáticos sobre animais vivos em laboratório, com um trabalho apresentado por Wittmack. Este autor descreveu a exposição de cobaias a ruídos breves e de alto nível de pressão sonora, estudando o resultado histopatológico (Almeida, et al., 2000).

Mais tarde, em 1937, Bunch dá mais um passo importante com a apresentação de um estudo no qual se definem as características auditivas e clínicas das disacusias¹ induzidas pelo ruído em trabalhadores. Destaca a natureza insidiosa do problema e a característica da lesão que apresenta maior gravidade a frequências de 4000 Hz e respectiva evolução. O mesmo estudo conclui que há necessidade de realização de outros estudos referentes ao problema, devido às implicações a nível de saúde. Este estudo marcou o final da década de

¹ Disacusias: Perdas de Audição

1930 nos Estados Unidos e é o reflexo da inquietação dos meios científicos, jurídicos e sindicais da época em relação à prevenção das doenças do foro auditivo (Leme, 2001).

Sobre o mesmo tema, em 1968 Marone realizou um estudo de revisão das disacusias ocupacionais, incluindo o trauma acústico ocupacional e a disacusia neuro-sensorial ocupacional por ruído. O autor define as características da lesão audiométrica e clínica e propõe o uso da Tabela de Fowler como critério de avaliação da perda incapacitante, a qual viria a ser adoptado pelo Ministério do Trabalho do Brasil em 1978. Esta tabela utilizava, como critério para a classificação de perdas auditivas, a média aritmética dos limiares em 500, 1000 e 2000 Hz, visando a avaliação do ouvido sem caracterizar as características especiais da perda auditiva induzidas pelas perdas auditivas. Actualmente, esta tabela é considerada unicamente com valor histórico. (Almeida, et al., 2000),

Já mais próximo de nós, Harris (1976), descreve pormenorizadamente os procedimentos de medição, técnicas de análise de dados e resultados relativos à avaliação da exposição ao ruído dos trabalhadores agrícolas. Os critérios por ele utilizados foram os propostos pela OSHA que estabelecia os 85dB (A) a 16 horas como valor de referência. Era considerado, neste estudo, que a exposição ao ruído ocupacional deveria ser avaliada de forma a evitar o risco de danos auditivos.

Em 1990, Úlehlová, Branis e Janisch estudam os ossos temporais de 41 mineiros com lesão auditiva de diversas severidades, com idades variando de 38 a 74 anos. Destes 41 casos, seis foram seleccionados para serem comparados com os dados de testes realizados entre duas semanas e três anos antes das suas mortes. Todos os seis casos são expostos a ambientes ruidosos durante a vida ocupacional. Realiza-se contagem completa de células ciliadas de um extremo ao outro da membrana basilar. É observado que nos ossos temporais estudados havia áreas de total destruição do órgão de Corti atingindo a parte basal. Estes dados questionam a noção comum de que a destruição do epitélio do órgão de Corti resultará em perda auditiva (Úlehlová, Branis e Janisch.1990), citado por (Almeida, et al., 2000).

Suter (1998), no capítulo dedicado ao Ruído da enciclopédia “Enciclopedia de Salud Y Seguridad en el Trabajo” da Organização Internacional do Trabalho, dá-nos uma perspectiva futura sobre a investigação a desenvolver na área do ruído e os pontos a aprofundar, nomeadamente:

- a necessidade de investigação sobre os ruídos de carácter impulsivo, já que a investigação realizada nos ultimos 30 anos aborda unicamente os ruídos continuo e variável;
- a necessidade da continuidade do estudo e ajuste do limiar entre dano e risco para a saúde, destacando a necessidade de definir o efeito prejudicial do ruído, suas consequências e sua relação com os problemas de saúde que podem ser resultado da exposição ao ruído elevada.

Destaca-se ainda, a necessidade de alargamento do estudo do ruído aos trabalhadores da indústria extractiva, construção, agricultura e transportes, por serem trabalhos onde o nível do ruído é demasiado elevado (Suter, 1998).

Prince (2002), apresenta um artigo onde efectua uma análise dos limiares auditivos entre os 2066 trabalhadores do sexo masculino empregados em diversas indústrias dos Estados Unidos. O estudo é realizado através de dados estudados pela NIOSH e pela Occupational Noise and Hearing Survey (ONHS) entre 1968 e 1972.

A distribuição dos limiares auditivos é analisada em relação a vários factores de risco (idade antes da exposição ao ruído, condições médicas, tempo de exposição) para a perda auditiva numa população exposta ao ruído industrial de baixa frequência.

Os resultados levaram a autora a concluir que a relação entre factores como a exposição ao ruído não ocupacional, condições médicas e sexo com os níveis elevados de exposição ao ruído não se verificava, não determinando a influência destes parâmetros na causa da exposição ao ruído (Prince, 2002).

No mesmo ano, Arezes e Miguel (Arezes, et al., 2002), publicam um artigo denominado “A exposição ao Ruído em Portugal” onde abordam os principais aspectos relacionados com a exposição ocupacional ao ruído, por exemplo, as características dessa exposição, a conservação da audição nas empresas e a evolução legislativa sobre esta temática no nosso país. Os autores concluem que há uma grande necessidade de diversificar os tipos de prevenção adoptados nestes casos, sendo necessário, para isso, muito trabalho de investigação. Destacam, ainda, a necessidade de desenvolvimento de instrumentos de avaliação e análise mais eficazes, de forma a diminuir a exposição ao ruído.

Em 2004, o NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), elabora um guia de apoio, onde reavalia critérios e reafirma o limite de exposição recomendado (85 dB(A)) para a exposição ocupacional ao ruído estabelecidos, pelo mesmo instituto, em

1972. As recomendações contidas neste documento vão além das tentativas para conservar a audição, centrando-se sobre a prevenção de PAIR ocupacional.

Para os trabalhadores cuja exposição ao ruído é igual ou superior a 85 dBA, o NIOSH recomenda um programa de prevenção que inclui a avaliação da exposição ao ruído, controlo administrativo, utilização adequada de protectores auditivos e avaliações audiométricas, educação e motivação, registos e auditorias, de forma a que as empresas possam encontrar ferramentas para diminuir a incidência de trabalhadores expostos a níveis de ruído prejudiciais para a saúde.

No mesmo ano, Leal e Fradique (2004) apresentam um trabalho realizado em Lisboa e Vale do Tejo, onde, através de dados recolhidos entre 1999 e 2004 e tendo como base a publicação da Directiva 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho a 6 de Fevereiro de 2003, que veio reforçar a necessidade da diminuição do ruído através da introdução de Valores Limite de Exposição inferiores aos praticados até aquela data que pretendiam contribuir para uma apreciação de melhoria das condições de exposição ao ruído em contexto laboral.

Os valores limite de exposição considerados foram:

- Nível de acção da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído durante o trabalho igual a 85 dB(A);
- O valor limite da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído durante o trabalho é igual a 90 dB(A);
- O valor limite de pico é igual a 140 dB, equivalente a 200 pascal.

Os resultados deste estudo revelaram que comparando a indústria extractiva com a indústria do alumínio, madeira e metalomecânica, era a indústria extractiva que apresentava os valores mais altos quer em termos de pessoas expostas ao ruído quer a níveis de ruídos acima do valor limite recomendado.

Num outro estudo (Cordeiro, et al., 2005), intitulado “Exposição ao ruído ocupacional como factor de risco para acidentes do trabalho”, os autores concluíram que o ruído ocupacional impõe ao trabalhador factores sabidamente envolvidos na génese de acidentes do trabalho, como por exemplo: dificuldades de comunicação (na detecção, discriminação, localização e identificação das fontes sonoras, assim como na inteligibilidade da fala), manutenção da atenção e concentração, memória, além do stress e fadiga excessiva.

Mais recentemente, em 2006, Sataloff, publica, na 3ª edição do “Occupational Hearing Loss”, inúmeras propostas preventivas e métodos de avaliação da saúde auditiva (Sataloff, et al., 2006).

Em 2008, no estudo realizado por Maia para avaliar a influência do uso de protecção auditiva individual na percepção de estímulos acústicos, nomeadamente dos sinais sonoros de alarme, refere que os protectores, quer do tipo passivo quer do tipo activo, parecem dificultar a localização auditiva da fonte sonora (sirene) e, como tal, dever-se-á equacionar a utilização deste tipo de protectores em locais de trabalho em que existam dispositivos de alarme. Da mesma forma, foi possível verificar que os tampões auditivos foram aqueles que revelaram maior interferência com a correcta percepção da origem dos estímulos acústicos. Com este estudo, também se verificou que a principal dificuldade surgida em todas as situações (com e sem protectores auditivos), foi a identificação da distância da fonte sonora. (Maia, 2008).

Verifica-se que a tendência dos últimos trabalhos sobre o ruído é a de abordar temáticas sobre a necessidade contínua de minimização dos níveis de ruído elevado, medidas preventivas e utilização de protectores auditivos, suas vantagens e inconvenientes, análise detalhada em termos de produtividade (a forma como é afectada e quais os factores mais afectados pelo ruído), bem como a análise e correlação com problemas de saúde verificados em trabalhadores expostos a níveis de ruído elevado.

A Health and Safety Laboratory (2009), num relatório elaborado por Brueck, aborda a eficácia dos protectores auditivos em contexto ocupacional. O objectivo foi centrar a observação na gestão do ruído e a forma como a protecção era utilizada.

A segunda parte deste relatório consistiu na realização de medições laboratoriais, cujo objectivo de quantificar a redução de protecção devido à má instalação e utilização de uma série de protectores auditivos. Concluiu-se que:

- ¼ das empresas trabalhavam com protectores auditivos inadequados ao tipo de ruído a que estavam sujeitos;
- 1 em cada 7 trabalhadores de empresas, onde os níveis de ruído exigiam a utilização de protecção auditiva, foram vistos sem qualquer tipo de protecção. Muitos deles justificavam a não utilização da protecção auditiva pela necessidade de comunicação com os colegas e a dificuldade em ouvir os sons à sua volta;

- Os testes de laboratório realizados demonstraram que muitos destes trabalhadores utilizavam de forma inadequada os protectores diminuindo, assim, a eficácia da protecção;

Muitas das opiniões de trabalhadores recolhidas ao longo das entrevistas e visitas realizadas levaram a autora a concluir que a falta de comunicação, formação e envolvimento dos trabalhadores nas questões de segurança e na utilização da protecção os leva a terem alguma resistência em utilizar os protectores (Brueck, 2009).

Arezes, et al. (2009), apresentaram um trabalho cujo objectivo foi o de analisar a adequação dos dispositivos de protecção auditiva, aplicando e comparando os resultados obtidos com os diferentes métodos para a estimativa dos níveis de exposição avaliados.

Esta comparação envolveu dados de atenuação de 50 dispositivos de protecção auditiva, assim como 11 tipos diferentes de ruído e 4 metodologias diferentes. A aplicação dos diversos métodos considerados e a comparação das estimativas obtidas parecem demonstrar que existem diferenças significativas entre os níveis de exposição estimados com os diferentes métodos analisados (Arezes, et al., 2009).

3.2.10 Evolução previsível da investigação

Atendendo ao estado da arte no campo do ruído, às necessidades de investigação e ao interesse demonstrado por diferentes investigadores a nível internacional, bem como a evolução da investigação sobre esta temática, é previsível que, nos próximos anos a continuação do estudo sobre o ruído se dê, preferencialmente, nas seguintes áreas:

- Avaliação dos protectores auditivos, sua eficácia e desenvolvimento de outros tipos de protectores específicos, adequados às necessidades do trabalhador;
- Desenvolvimento de programas de formação e informação para empresas e trabalhadores;
- Implementação de programas de assistência técnica e /ou organizacionais, de forma a reduzir a exposição ao ruído;

Em Portugal, na área do ruído destaca-se a necessidade já referida Suter (1998), de alargar o estudo do ruído aos trabalhadores da indústria extractiva, construção, agricultura e transportes, por serem aqueles onde o nível do ruído é demasiado elevado e em que é notória a falta de investigação específica e adopção de metodologias próprias (Suter, 1998).

3.3 POEIRAS

O ar é composto por aproximadamente, 78,08% de azoto, 20,94% de oxigénio, 0,03% de dióxido de carbono e 0,00005% de hidrogénio.

A atmosfera das grandes cidades ou as atmosferas de alguns postos de trabalho contêm substâncias químicas susceptíveis de modificar a composição do ar, ficando o ar “contaminado”.

As substâncias químicas ou agentes químicos podem apresentar-se nos três estados da matéria: gasoso, líquido e sólido.

As **poeiras** podem ter a sua origem através da combinação de inúmeros compostos químicos e originados por inúmeras formas (PM₁₀ and PM_{2,5}: A international perspective, 1999). Para este Trabalho serão consideradas as PM₁₀, designadas, ao longo do texto, por poeiras.

Podem distinguir-se:

Poeiras tóxicas ou sistémicas: são de origem metálica, por exemplo, de chumbo, cádmio, mercúrio, arsénio e berílio. A absorção pode ser feita por via respiratória ou digestiva e podem causar lesões em um ou mais órgãos, de uma forma rápida e em concentrações elevadas ou lentamente e em baixas concentrações. Podem originar, ainda, cancro e alterações a nível do sistema nervoso.

Poeiras sensibilizantes: podem ter origem do manuseamento de madeiras, crómio e resinas e actuar sobre a pele ou sobre o aparelho respiratório.

Poeiras inertes: acumulam-se nos alvéolos pulmonares provocando, depois de uma exposição prolongada, uma reacção de sobrecarga pulmonar e uma diminuição da capacidade respiratória. Neste grupo podem citar-se exemplos como as de carvão, abrasivos e compostos de bário e rochas ornamentais, em geral.

Poeiras pneumocócitas: nesta categoria enquadram-se a *sílica livre, cristalina (silicose)* e amianto, podendo provocar reacções químicas ao nível dos alvéolos pulmonares, dando origem a doenças graves como as pneumoconioses (Miguel, 2007).

Numa publicação datada de 1999, os autores manifestaram a preocupação com as poeiras a nível da saúde, referindo que muitas destas poeiras podem penetrar nos pulmões e serem a causa de doenças como a asma ou a bronquite (L.Sloss, et al., 1999).

Estas doenças são consequência da acumulação de poeiras nos alvéolos pulmonares e/ou da reacção dos tecidos à presença de corpos estranhos. Trata-se de doenças que não afectam todas as pessoas da mesma forma. Há casos em que há exposições muito prolongadas em que a doença se apresenta de forma muito ligeira e casos em que uma exposição ligeira, num curto espaço de tempo, desenvolve casos graves da doença (Cadarsó, 2008). Normalmente, as manifestações de silicose apresentam-se após uma exposição de 10-15 anos.

3.3.1 A Sílica

A Sílica ou Dióxido de Silício (SiO_2) é o composto principal existente na crosta terrestre (cerca de 60% em massa) e existe sob várias formas como as Sílicas cristalinas, vítreas e amorfas.

A Sílica cristalina, por sua vez, refere-se ao composto sob a forma SiO_4 e pode apresentar as seguintes formas:

- α , β – quartzo (forma mais comum presente em quase todos os tipos de rocha existentes),
- α , β -tridimita ;
- α , β -cristobalite,

sendo “ α ” a designação dada à formada a baixa temperatura e β à formada a alta temperatura. (Bon, 2006).

Nem todas as “ poeiras de pedra” ou partículas provocam silicose. O mineral a que está associada esta doença é a sílica cristalina, habitualmente sob a forma de quartzo, que é o segundo mineral mais comum na crosta terrestre e se encontra em quase todos os tipos de rochas. (The European Network on Silica, 2006).

As percentagens de Sílica (“livre”) podem variar entre os 30% verificados na generalidade dos granitos, 80% nos arenitos, 95% nos quartzitos ou até 40% encontrados nas ardósias (The European Network on Silica, 2006). A composição da poeira respirável depende do material que a gerou e pode possuir os mesmos constituintes, no entanto em proporções diferentes, ou seja, em operações de polimento de um granito, pode-se encontrar entre 15% a 30% de quartzo na fracção respirável, enquanto na rocha original o quartzo estava presente entre 30 e 40 % (Bon, 2006).

A sílica amorfa tem como fontes as bactérias, algas, fungos e produtos geológicos originados pela decomposição de organismos unicelulares com carapaça siliciosa e pela sílica produzida pela fusão de materiais que contêm Silício (Álvares, 2006).

3.3.2 Sílica Cristalina e Doenças Respiratórias

Sabe-se, há muitos anos, que a inalação de poeiras finas contendo sílica cristalina pode causar danos nos pulmões (silicose). Na verdade, a silicose é a doença profissional conhecida há mais tempo. Existem vários registos de textos da Grécia e da China antigas que relatam mineiros com este tipo de doença que provavelmente acompanha o homem desde que este começou a trabalhar a pedra para fazer utensílios (Cadarsó, 2008).

3.3.3 Efeito das poeiras no homem

Exposição Ocupacional à Sílica Respirável - Pneumoconioses

Ao analisarmos o efeito das partículas ou poeiras na saúde, não podemos deixar de relacionar não só a sua composição química mas também, o seu tamanho a sua concentração e o tempo de exposição (Miguel, 2007).

Na década de 50 e 60, foram efectuados vários estudos com referência às pneumoconioses em Portugal por (Neves, 1960), que efectua uma análise mineralógica de resíduos de calcinação de pulmões pneumoconióticos e Soares (1957), que efectua um estudo sobre a luta contra a silicose nas minas do Pejão (Soares, 1957).

A cavidade nasal retém as partículas de poeira provenientes do movimento respiratório e que, na maioria dos casos, atinge a faringe. A selecção faz-se por circulação turbulenta sobre as paredes húmidas e através do efeito de “colisão”, uma vez que o sistema respiratório tem mudanças bruscas de direcção e o ar atinge elevada velocidade. Dada a situação, as partículas raramente ficam retidas na zona nasofaríngea e faríngea e a zona tranqueobrônquica retém somente partículas compreendidas entre 3 e 5 μm .

Dependendo do tamanho das partículas, as deposições no organismo podem variar da seguinte forma:

- *Partículas inaláveis* - menores que 100 μm , capazes de penetrar pelo nariz e pela boca e classificadas como potencialmente perigosas;

- *Partículas torácicas* - menores que 25 μm , capazes de penetrar além da laringe, podendo atingir a região pulmonar e alveolar;
 - *Partículas respiráveis* - menores que 10 μm , capazes de penetrar na região alveolar.
- (Telo, 2008) No entanto, no caso da sílica cristalina, a fracção de poeira respirável é a mais importante devido às consequências para a saúde (Silica, 2006).

Os efeitos tóxicos sobre o organismo dependem do tipo de exposição (composição da fracção respirável, concentração de sílica livre cristalina e concentração de outros minerais presentes na fracção respirável, tamanho da partícula e tempo de exposição) e da resposta orgânica do organismo (sistema imunitários, consumo ou não de tabaco, hiperreactividade brônquica), Figura 6.

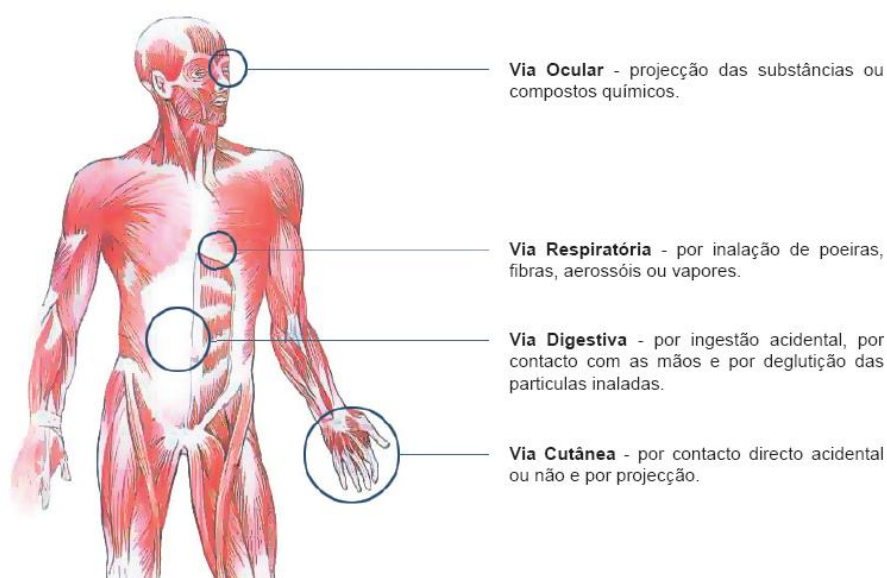


Figura 6: Vias de Penetração (Miguel, et al., 2005)

Em situações normais, o aparelho respiratório intercepta a maior parte das partículas, através da activação dos mecanismos de defesa. Mas, quando a exposição ocupacional é excessiva, causa diversos efeitos adversos dentro do aparelho respiratório.

Na região traqueobrônquica por exemplo, a presença da poeira estimula o aumento da produção de muco para auxiliar o trabalho de condução dos cílios ali existentes na remoção das partículas. A estimulação prolongada das células e das glândulas de secreção do muco pode induzir a hipertrofia dessas estruturas (The European Network on Silica, 2006).

As partículas que penetram além do bronquíolo terminal são rapidamente ingeridas por células chamadas macrófagos, cuja função, neste caso, é destruir a poeira. A vida do macrófago diminui caso a partícula ingerida seja tóxica, como é o caso da sílica livre

cristalina que, devido às suas propriedades de superfície, mata o macrófago num período de horas ou dias. Partículas de poeira que se alojam nos alvéolos estimulam o recrutamento e acúmulo dos macrófagos nessa área, provocando reacções do tecido pulmonar. A formação de colagénio acompanha a inflamação prolongada ou crónica na maioria dos órgãos do corpo. É uma parte da familiar formação de cicatriz nos tecidos, que pode agir tanto sobre a pele como dentro do pulmão. A fibrose pulmonar é uma sequela comum da inflamação pulmonar crónica. Além disso, as células do pulmão em contacto com o ar possuem uma alta taxa de renovação, onde as células com a superfície parcialmente danificada são rapidamente trocadas por células novas. Devido à rápida regeneração das células do pulmão, há, provavelmente, maior vulnerabilidade às alterações carcinogénicas pela presença da poeira. Com base em todas as considerações anteriores, pode-se antecipar que a poeira depositada nos pulmões pode induzir:

- Pequena ou nenhuma reacção;
- Aumento exacerbado de muco e hipertrofia das glândulas de secreção de muco;
- Recrutamento de macrófagos;
- Proliferação crónica ou reacção inflamatória;
- Fibrose;
- Cancro (Silica, 2006).

As **pneumoconioses** podem ser classificadas da seguinte forma:

Pneumoconioses fibrogénicas: Provocam alteração permanente ou destruição da estrutura alveolar (ex. silicose, asbestose);

Pneumoconioses não-fibrogénicas: Provocam reacção pulmonar mínima, sendo potencialmente reversível (certos casos como na baritose e em alguns raros casos de siderose) e não altera a estrutura alveolar (estanose, siderose, baritose).

Existem diferentes tipos de pneumoconioses, embora os mais frequentes sejam a silicose e a asbestose.

Na tabela 3, indicam-se algumas pneumoconioses ocupacionais e a indicação de quais as suas poeiras causadoras. (Silica, 2006).

Tabela 3: Pneumoconiose/ Agentes Etiológicos, (The European Network on Silica, 2006)

Pneumoconiose	Agentes Etiológicos
Silicose	Sílica Livre
Abestose	Todas as fibras de asbesto ou amianto
Silicatose	Silicatos variados
Talcose	Talco mineral (silicato)
Pneumoconiose por poeira mista	Poeiras, variadas contendo menos de 7,5% de sílica livre
Siderose	Óxido de ferro
Estanose	Óxido de estanho
Baritose	Sulfato de bário

3.3.4 Silicose

O termo silicose teve origem em 1870 e é definida como a mais antiga, mais grave e mais prevalente das doenças pulmonares relacionadas com a inalação de poeiras minerais, confirmando a sua importância na lista de pneumoconioses (Campos, 2003).

Já em 1879, Hurting e Hesse descreveram as mortes ocorridas em mineiros de Schneeberg e Joachimns, regiões mineiras da Europa central, por cancro no pulmão. Em 1920, surge a explicação definitiva sobre esta doença, quando se estabelecem ligações entre o cancro do pulmão e as radiações ionizantes que existem em concentrações elevadas em minas de urânio (Gurgel, 2008).

A silicose ainda é, no presente, a principal doença pulmonar de origem ocupacional registada em países em desenvolvimento (Carneiro, et al., 2002). O risco de Silicose clássica existe quando o teor de sílica livre na fracção de poeira respirável é maior do que 7,5%. Quando o teor de Sílica livre se encontra abaixo desse valor, as lesões anatomopatológicas são mais características do quadro que constitui a pneumoconiose por poeira mista (Rodrigues, et al., 2004).

Formas de silicose

O risco de adquirir Silicose depende basicamente de três factores: concentração de poeira respirável, percentagem de sílica cristalina e duração da exposição. As poeiras respiráveis são, frequentemente, invisíveis a olho nu e são tão leves que podem permanecer no ar por longos períodos de tempo. Dada a capacidade de atravessar grandes distâncias, poderão afectar também trabalhadores que, aparentemente, não estavam em risco.

A maior percentagem de sílica surge em trabalhos da indústria extractiva como o desmonte, operações de transformação de beneficiação das rochas.

A silicose pode apresentar-se sob três formas distintas:

Silicose Crónica: Também conhecida por forma nodular simples, é a mais comum e ocorre após um longo tempo de exposição, que pode variar entre 10 a 20 anos, a níveis relativamente baixos de poeira.

A dispneia quando de esforços, é o principal sintoma e o exame físico, na maioria das vezes, não mostra alterações significativas no aparelho respiratório

Silicose Acelerada: Caracterizada por apresentar alterações radiológicas mais precoces e ocorre após cinco a dez anos do início da exposição. Os sintomas respiratórios costumam ser precoces e limitativos, além de maior potencial de evolução para formas complicadas da doença, como a formação de conglomerados e de fibrose maciça progressiva.

Silicose Aguda: Muito rara, é associada a exposições maciças à sílica livre, por períodos que variam entre poucos meses até quatro ou cinco anos em trabalhos de transformação de pedra. A dispneia costuma ser incapacitante e pode evoluir para morte por insuficiência respiratória. Em geral ocorre tosse seca e comprometimento do estado geral de saúde (Telo, 2008).

3.3.5 A Silicose a nível mundial

A título de exemplo, apresenta-se a situação da silicose em alguns países.

No Vietname, a silicose é considerada uma das doenças ocupacionais com maiores índices de ocorrência. Na China, em 1990, houve registo de, aproximadamente, 360.000 casos acumulados de pneumoconioses. Na Índia, os casos de silicose rondam os 55% dos trabalhadores e foi encontrada em jovens, trabalhando na indústria extractiva. Nos EUA, estima-se que mais de 1,7 milhão de trabalhadores estão expostos a poeiras contendo sílica livre e cristalina no seu local de trabalho, e 100.000 desses trabalhadores correm o risco de sofrerem de silicose. Em cada ano, cerca de 250 trabalhadores morrem de silicose. Na África do Sul, estima-se que a indústria extractiva subterrânea empregue cerca de 350.000 pessoas, com estudos mostrando prevalências de silicose de 12,8 a 31% dessa população. No Brasil, a silicose também é uma das pneumoconioses de maior importância e o número exposto é de cerca de 6 milhões, estimando-se que, destes, 500000 resultem de trabalhadores na indústria extractiva. Verifica-se, também, que estes números continuam a aumentar (Bon, 2006).

Segundo Bon (2006), verifica-se uma exposição excessiva à sílica cristalina respirável em pedreiras de mármore, com valores de concentração que ultrapassam até 54 vezes o valor de referência recomendando pela NIOSH ($0,05 \text{ mg/m}^3$). Segundo a mesma autora, as matérias-primas em que foram verificados os maiores níveis de perigosidade foram os granitos, arenitos e quartzitos (Eurosil, 2009).

A Silicose em Portugal

O centro Regional de Saúde Pública do Norte (CRSPN) desenvolveu um estudo intitulado “Saúde na região Norte: Medir para Mudar”, baseado em dados referentes aos casos de doença profissionais, confirmados entre Janeiro de 2000 e Setembro de 2005, para o distrito do Porto (Administração Regional de Saúde do Norte, 2005).

O número de doenças profissionais verificado nesse período foi de 2576 (o que equivale a uma incidência média de 430,8 novos casos por ano), no entanto, segundo a Organização Internacional de Saúde (OIT), apenas um número limitado de casos de doença profissional são objecto de notificação (Administração Regional de Saúde do Norte, 2005).

Mais de 60% dos casos referidos correspondem a doenças devidas a agentes físicos (tais como ruído e vibrações); cerca de um quarto (25%) correspondem a doenças do aparelho respiratório, menos de 1% correspondem a doenças devidas a agentes biológicos.

Ainda de acordo com o mesmo estudo, 85%, das doenças do aparelho respiratório declaradas são devidas à silicose e 13% à asma ocupacional (Figura 7).

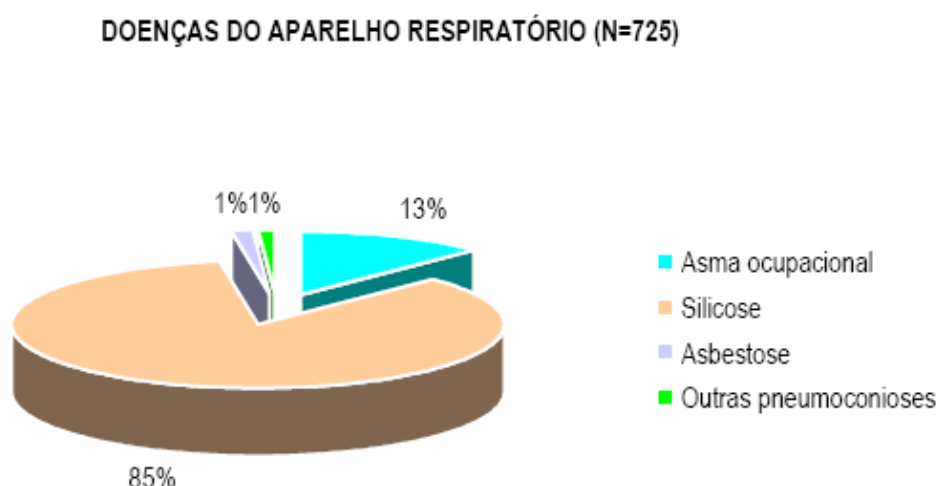


Figura 7: Doenças do aparelho respiratório, fonte CRSPN

A elevada percentagem de casos de silicose poderá dever-se à falta de medidas preventivas adoptadas nos locais de trabalho ou a uma maior notificação por parte dos médicos, como resultado de uma maior tradição na associação desta patologia a actividades profissionais. (Norte, 2005)

3.3.6 A Sílica e a Indústria Extractiva

A exposição profissional à sílica cristalina respirável ocorre em diversas indústrias, incluindo a exploração de pedreiras, de minas, processamento de minerais (por exemplo secagem, trituração, ensacamento e manuseamento), trabalhos com ardósia, britagem e preparação de pedras, trabalhos de fundição, fabrico de tijolos e telhas, alguns processos de refracção, trabalhos de construção, incluindo trabalhos com pedra, betão, tijolo e alguns anéis de isolamento, abertura de túneis, restauração de edifícios e nas indústrias da olaria e cerâmica (HSE, 2009).

Agregados

Os agregados são um material granuloso utilizado na construção. Anualmente, são produzidos e utilizados na Europa cerca de 3 mil milhões de toneladas de agregados. No entanto, grande parte dos operadores no sector são empresas de pequena e média dimensão. Tipicamente, uma pequena empresa local emprega directamente 7 a 10 pessoas. A indústria dos agregados é composta por cerca de 25.000 locais de extracção por toda a Europa, com 250.000 trabalhadores na União Europeia (HSE, 2009).

Os agregados naturais mais comuns são a areia, a gravilha, os agregados e demais inertes, com diversas percentagens de sílica livre (de 0% a 100%). Mas, mesmo nesses casos, normalmente os riscos de exposição à sílica cristalina respirável para os trabalhadores são reduzidos. Agregados produzidos a partir de rochas com uma reduzida percentagem de sílica podem ser, sem prejuízo da avaliação de risco individual, insignificantes em termos de impacto na saúde do trabalhador (HSE, 2009).

Minerais industriais

Inúmeros produtos de minerais industriais são compostos por sílica. A sílica encontra-se normalmente no estado cristalino, mas também existe no estado amorfo. A sílica cristalina é rígida, quimicamente inerte e tem um elevado ponto de fusão. Estas qualidades são muito apreciadas para várias utilizações industriais, sobretudo, nas indústrias vidreira, da construção, da cerâmica e dos produtos químicos. Todos os anos são extraídos na Europa

145 milhões de toneladas de minerais industriais (por ex. bentonite, borato, carbonato de cálcio, diatomito, feldspato, argila plástica e caulínica, talco, areias siliciosas, entre outras) (The European Network on Silica, 2006).

Apesar de não se verificar em todos, os minerais industriais podem conter quantidades variáveis de sílica cristalina.

A indústria dos minerais industriais emprega cerca de 100.000 pessoas na UE (The European Network on Silica, 2006).

Minérios metalíferos:

Na União Europeia são extraídos vários minérios metalíferos e, para alguns, tais como os de mercúrio, prata, chumbo, tungsténio, zinco, crómio, cobre, ferro, ouro, cobalto, bauxite, antimónio, manganésio, níquel e titânio e, um produtor relativamente importante. Em alguns casos, os produtores europeus situam-se entre os dez primeiros produtores mundiais. Os minérios metalíferos são produzidos em 12 Estados-membros, bem como na Noruega, Turquia, Bulgária, Roménia, Kosovo e Sérvia. Em toda a comunidade europeia, esta secção da indústria mineira e dos minerais emprega directamente cerca de 23.000 pessoas (The European Network on Silica, 2006).

Indústria da pedra

A forma da pedra, existente na natureza, é material de construção praticamente pronto. No entanto, poucos se apercebem de que são necessários milhões de anos até que este material atinja o ponto em que pode ser facilmente processado.

A indústria é composta, apenas, por pequenas e médias empresas, com um número de trabalhadores que varia entre os 5 e os 100, e constitui um fornecedor essencial na indústria da construção. Existem mais de 40.000 empresas na UE, empregando cerca de 420.000 pessoas. O trabalho com pedras naturais não abrange apenas a produção de pedra em pedreiras; o processamento e o assentamento de pedras são muito mais importantes. A restauração e as aplicações com alta tecnologia requerem educação e formação qualificada que começa nos pedreiros e se estende aos técnicos de transformação de pedra com alta tecnologia (The European Network on Silica, 2006).

3.3.7 Valor limite de exposição

Antes de referir qual o valor limite de exposição considerado para o estudo realizado neste trabalho, torna-se fundamental introduzir o conceito de **dose**.

Consoante o indivíduo, a reacção do organismo a um determinado material presente no meio, não é igual, logo, num determinado ambiente potencialmente contaminado e em que todos os trabalhadores estão expostos, podem observar-se diferentes níveis de resposta biológica. Factores como os hábitos de trabalho, a duração da exposição, a susceptibilidade do indivíduo, a concentração do contaminante e a capacidade de desintoxicação do organismo são fundamentais (Bon, 2006).

A dose ou quantidade de contaminante susceptível de causar dano é função do tempo de exposição a um determinado contaminante com uma determinada concentração média expressa em mg/m^3 . Está relacionada com a resposta biológica, função da quantidade absorvida pelo organismo, do período de tempo que dura essa absorção e depende de vários factores como o ciclo de trabalho-descanso, o estado de saúde do trabalhador, as condições climatológicas e a susceptibilidade biológica e genética especial (Miguel, 2007).

Segundo o mesmo autor “os valores limite de exposição dizem respeito às concentrações no ar das várias substâncias e representam condições para as quais se admite quase todos os trabalhadores poderem estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde.”

Ainda citando o mesmo autor, e acreditando que a exposição ao valor limite cause um dano significativo para a saúde, a melhor actuação será manter a concentração do contaminante o mais baixa possível (Miguel, 2007). Os valores limite de exposição devem ser vistos e utilizados como guia de controlo de situações de risco para a saúde.

Existem, essencialmente, três tipos de valores limite:

Valor-limite de exposição – Média ponderada (VLE-MP): Considera-se a média ponderada para um dia de trabalho com a duração de 8 horas e para uma semana de trabalho de 40 horas e em que se considera que todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a sua saúde.

Valor-limite de exposição –Curta duração (VLE-CD): considera-se que, praticamente, todos os trabalhadores estão expostos por um curto periodo de tempo sem que o VLE-MP seja excedido e sem efeitos adversos para a saúde. A exposição nunca deverá ser superior a VLE-MP 15 minutos, mesmo que a média ponderada seja inferior ao valor-limite.

No caso de exposições superiores ao VLE-MP e inferiores ao VLE –CD não devem exceder os 15 minutos e não devem ocorrer mais do que 4 vezes por dia, com espaçamentos de, no mínimo, 60 minutos.

Valor-limite de exposição - Concentração máxima (VLE-CM): Concentração que nunca deve ser excedida seja qual for a situação. Para casos em que as flutuações de concentração registem valores acima da média diária ponderada, não devem exceder 3 vezes o VLE-MP em mais de 30 minutos, no total, por dia de trabalho e em nenhum caso deverá ser excedido VLE-MP mais do que 5 vezes (Miguel, 2007).

Segundo o Guia de Boas Práticas, a Organização Europeia de Normalização (CEN) e a Organização Internacional de Normalização (ISO) estabeleceram convenções normalizadas para a amostragem de poeiras e aerossóis relacionados com a saúde nos locais de trabalho (EN 481.ISO 7708) adoptados também pela norma portuguesa NP 1796:2007 que define os valores limite de exposição para o caso da sílica cristalina respirável um valor limite de exposição de $0,025 \text{ mg/m}^3$ (Miguel, 2007).

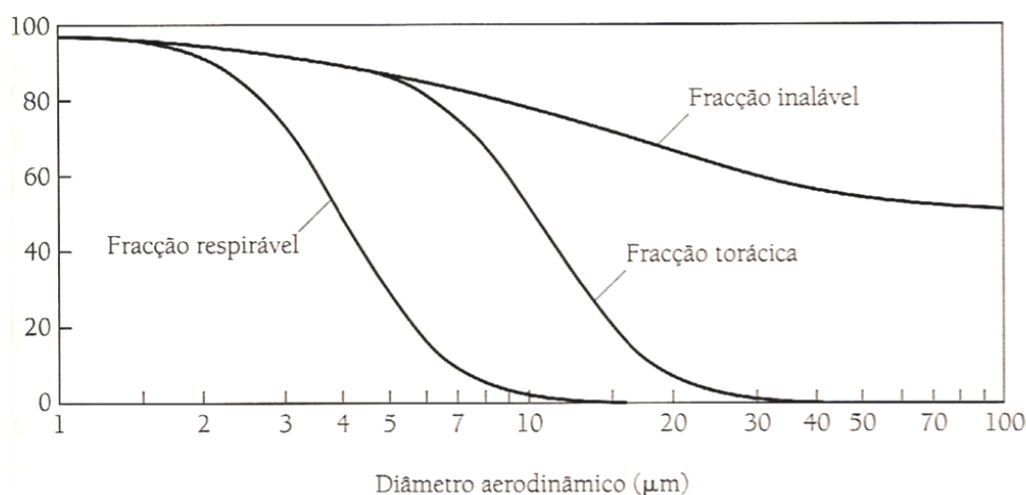


Figura 8: Fração inalável, respirável e torácica

De acordo com a Figura 8, há 50% de hipóteses de uma partícula com 4 μm penetrar na região alveolar, como também existe 30% de hipóteses de uma partícula com diâmetro aerodinâmico de 5 μm penetrar nesta região do pulmão (Santos, 2009).

Actualmente, existem muitos tipos diferentes de valor limite para a exposição profissional, definidos por cada Estado-membro da União Europeia. Apresentamos alguns exemplos (The European Network on Silica, 2006) (tabela 4).

Tabela 4 Valores Limite de Exposição para alguns países da EU, (The European Network on Silica, 2006)

Country/Authority (see caption p. 2)	Non specified (inert dust)	Quartz	Cristobalite	Tridymite	Diatomaceous earth	Amorphous silica	Fused silica	Kaolin	Mica	Talc
Austria/I	6	0,15	0,15	0,15			0,3			5
Belgium/II	3	0,1	0,05	0,05	3	2	0,1	2	3	2
Bulgaria/III	4	0,07	0,07	0,07	1					3
Czech Republic/IV		0,1	0,1	0,1					2	2
Cyprus/V	/	10k/Q ²	/	/	/	2	/	/	/	/
Denmark/VI	5	0,1	0,05	0,05	1,5		0,1	2		
Estonia		0,1	0,05	0,05		2				
Finland/VII	/	0,2	0,1	0,1	5					5
France/VIII		5 or 25k/Q								
France/IX	5	0,1	0,05	0,05				10		
Germany/X	3	/ ³	0,15	0,15			0,3			2
Greece/XI	5	0,1	0,05	0,05						2
Hungary		0,15	0,1	0,15						2
Ireland/XII	4	0,05	0,05	0,05		2,4	0,08	2	0,8	0,8
Italy/XIII	3	0,05	0,05	0,05			0,1	2	3	2
Lithuania/XIV	10	0,1	0,05	0,05						1
Luxembourg/XV	6	0,15	0,15	0,15			0,3			2

Todos estes limites são diferentes e, além disso, não podem ser directamente comparados. De momento, não existe qualquer limite para a exposição profissional à sílica cristalina respirável estipulado pela União Europeia (The European Network on Silica, 2006).

Alguns diplomas e normas portuguesas que definem procedimentos sobre esta temática são os seguintes:

- *Decreto-lei n.º 44 308/62, de 27 de Abril* que diz respeito à Prevenção Médica da Silicose. São trabalhos susceptíveis de dar origem à silicose os que expõem os indivíduos à inalação de poeiras contendo sílica livre, nomeadamente os trabalhos com rochas ou minerais contendo sílica livre, nas minas, túneis, pedreiras e outros locais;
- *Decreto n.º 44 537/62, de 22 de Agosto* que refere que os casos de Silicose são de notificação obrigatória, a qual incumbe também aos médicos que não pertencem aos serviços de medicina do trabalho;
- *Lei n.º 102/2009, que aprova o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho*. No art. 79.º classifica como actividade ou trabalho de risco elevado os trabalhos que envolvam exposição à sílica.

- *Decreto-lei n.º 290/01, de 1 de Novembro* que respeita à protecção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes químicos no local de trabalho.
- *Decreto-lei 162/90 de 22 de Maio que aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras.* Este Decreto-lei é de extrema importância já que é o único específico para esta actividade que aborda de forma muito completa, todos os aspectos fundamentais para a prevenção, minimização de riscos e combate em caso de acidente ou situações de emergência e que define no seu artigo 147.º as concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis no ar nos locais de trabalho, expressas pelo seu teor em Sílica.

Na Tabela 5, são apresentadas as concentrações médias das concentrações de partículas e os Valores Limite de Exposição em relação aos trabalhadores.

Tabela 5 - Valores limite de Exposição e efeitos críticos para o poluente - sílica livre cristalina de acordo com o Decreto-lei n.º162/90 de 22 de Maio

Substância/designação	VLE (mg/m ³)	Efeitos Críticos
Partículas respiráveis - Teor em Sílica inferior a 6%	5	Fibrose Pulmonar, Silicose
Partículas respiráveis -Teor em Sílica entre a 6% e 25%	2 (a)	
Partículas respiráveis - Teor em Sílica superior a 25%	1	

(a) Este valor foi considerado devido ao teor de sílica ser superior a 6%, mas inferior a 25% de acordo com o tipo de exploração analisada

Na Europa, países como Irlanda e Itália utilizam 0,05 mg/m³ como valor limite de exposição. Na Polónia o valor é de 0,3 mg/m³ (Eurosil, 2009).

Este valor também é o recomendado pela Health and Safety Executive (HSE, 2009).

Analisando e comparando o disposto no Decreto-lei 162/90, de 22 de Maio, como na norma NP1796:2007, verifica-se que os valores limite de exposição são bem diferentes, o que suscita dúvidas no valor a adoptar. Se, por um lado, o valor da norma é mais preciso e rigoroso, o valor do Decreto-lei é o mais utilizado pela maioria das empresas de medição e é o valor que prevalece para a indústria extractiva.

3.3.8 Evolução histórica

O problema da silicose talvez persiga o Homem desde sempre, apesar de os registos mais antigos conhecidos se deverem a Hipócrates (460-377? a.C.) que fez referência a uma doença pulmonar frequente nos trabalhadores das pedreiras. Também Agrícola (1566) relatou uma doença que ocorria nos trabalhadores que faziam o corte de rochas. A silicose, uma forma de pneumoconiose causada pela inalação de finas partículas de sílica cristalina, foi, no entanto, descrita pela primeira vez por Ramazzini (1633-1714). Apesar disso, o termo *silicose* (do latim, *silex*) apenas foi introduzido, em 1870, por Visconti.

Apesar de ser conhecida desde a antiguidade, a silicose só é reconhecida como doença profissional no início do século XX. Na década de 50 e 60, foram efectuados vários estudos sobre as poeiras e as pneumoconioses em Portugal. Neves (1960), efectua uma análise mineralógica de resíduos de calcinação de pulmões pneumoconióticos e Soares (1957), efectua um estudo sobre a luta contra a silicose nas minas do Pejão (Soares, 1957).

Só mais recentemente, mais propriamente em 1974, o NIOSH publica um documento onde chama a atenção para os casos de silicose associados à inalação de poeiras e a necessidade de investigação nesta área, de forma a encontrar formas e medidas preventivas com o objectivo de minimizar os casos de exposição a este agente bem como, a minimização dos casos de silicose registados (National Institute for Occupational Safety and Health, 1974).

Em 1989, num estudo realizado por Anderson, et al., os autores comparam os efeitos de poeiras de sílica e de grafite nos alvéolos de pulmões de ratos e seus efeitos a nível da saúde. O estudo foi realizado durante meses, em ratos de laboratório, sendo analisados os efeitos da exposição a estes agentes mesmo após esta ter terminado. Os autores verificaram a existência de partículas de sílica e grafite nos pulmões dos ratos 3 meses após a exposição a uma concentração de 100mg/m^3 destes agentes, no entanto, sem grandes efeitos para a saúde. Os autores concluíram que com a concentração testada os efeitos da sílica e da grafite não eram citotóxicos. No entanto, fazem a ressalva da necessidade de estudo e aprofundamento desta temática (Anderson, et al., 1989).

Em 1992, o Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) solicita a assistência na prevenção da silicose e mortes em trabalhadores expostos à sílica cristalina respirável entre trabalhadores de extracção de areias. Apela à necessidade de urgente informação sobre os riscos associados e informações sobre medidas preventivas de forma a minimizar os casos de silicose verificados. O alerta descreve 99 casos de silicose pela

exposição à sílica cristalina durante as operações realizadas nas extracções de areia. “Dos 99 trabalhadores notificados, 14 tinham morrido da doença, e os 85 restantes poderiam, eventualmente, morrer da silicose e suas complicações” (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) , 1992).

Estimativas, publicadas no artigo acima citado indicam que mais de 1 milhão de trabalhadores, nos Estados Unidos da América, correm o risco de desenvolvimento de silicose e que mais de 100.000 desses casos são de trabalhadores da indústria de extração de areia. Faz-se também uma descrição sumária dos casos de morte ocorridos por silicose e recomendações a nível da prevenção da segurança e saúde para trabalhadores expostos à sílica cristalina (NIOSH), 1992).

Foi realizado um estudo, por Nery, em 1993, para determinar se existem efeitos aditivos à exposição á sílica no caso de fumadores, entre trabalhadores da indústria cerâmica. As análises foram realizadas em 30 indivíduos, em que 18 eram fumadores e 13 não fumadores e com o mesmo histórico de exposição ao pó de sílica, verificaram-se alterações a nível pulmonar visíveis em radiografias compatíveis com a silicose. Os resultados apresentados por análise a estes casos foram comparados com os de indivíduos fumadores sem histórico de exposição à sílica. Concluiu-se que os fumadores têm maior probabilidade de sofrer os efeitos da exposição à sílica, desencadeando silicose com maior facilidade do que indivíduos que não fumam (Nery, et al., 1993).

Num outro trabalho, publicado em 2001, Akbar-Khanzadeh, e tal., apresentam um estudo em que pretendem caracterizar a exposição de trabalhadores a poeiras totais de sílica cristalina em actividades de acabamento, em obras de construção civil. Os autores examinaram a influência de um sistema de ventilação de exaustão local, a velocidade e direcção do vento e os níveis de exposição. Como resultados, os autores destacam que a concentração de poeiras diminuía quando a velocidade do vento era superior a 1m/s, não considerando a direcção do vento como factor primordial no aumento ou diminuição da concentração, muito pelo contrário, os autores concluíram que não tinha qualquer efeito. Destaca-se ainda a necessidade da continuação da investigação desta temática e introdução de mecanismos de controlo mais eficazes (Akbar-Khanzadeh, et al., 2001).

Também Carneiro, et al., em 2002, no seu estudo “Lung cancer in workers exposed to sílica” chamam a atenção para os casos de cancro do pulmão associados a exposição da sílica e para a necessidade de maior monitorização e estudo para melhor diagnóstico e

tratamento destes casos. Afirmam que um dos principais agentes ocupacionais implicados na etiologia do cancro do pulmão, a sílica, é um dos que envolve maior número de casos expostos, estimados no Brasil em cerca de seis milhões de trabalhadores. Afirmam também que não se encontrou na literatura nacional nenhuma publicação da associação entre sílica e cancro do pulmão. Nas últimas décadas, observou-se modificação da relação entre silicose e/ou exposição à sílica e cancro pulmonar, devido a aumento na expectativa de vida dos trabalhadores expostos à sílica. Esta modificação deveu-se a dois motivos: a adopção de medidas de controlo ambiental, que resultaram em diminuição das formas graves e precoces de silicose, e a terapia antimicrobacteriana, que diminuiu a mortalidade por tuberculose pulmonar em pacientes silicóticos. Na ausência de tratamento específico efectivo para doenças relacionadas com a sílica, a única abordagem é a prevenção, isto é, controle da exposição à sílica. Métodos eficazes de controlo incluem supressão da poeira, isolamento no seu processamento e ventilação adequada, substituição por produtos alternativos e, como método temporário e último recurso, o uso de equipamento de protecção individual (EPI). Recomendam também campanhas preventivas anti-tabaco em trabalhadores sob riscos de exposição à sílica porque poderá haver relação entre o fumo e este tipo de agentes químicos podendo mesmo aumentar a probabilidade de doenças (Carneiro, et al., 2002).

Por sua vez, Gruenzner, em 2003, na sua dissertação, aborda a avaliação da concentração de poeira contendo sílica cristalina no ambiente de trabalho, numa exploração a céu aberto produtora de agregados, na região metropolitana de São Paulo. Com o objectivo de estimar os riscos da exposição ocupacional à sílica cristalina, foram obtidas doze amostras de poeira na fracção respirável em cinco actividades realizadas na exploração. As amostras de poeira respirável foram colhidas junto aos trabalhadores, utilizando-se bombas de amostragem de uso individual. Os resultados não foram conclusivos relativamente às consequências da exposição mas foram observadas elevadas concentrações de poeira às quais os trabalhadores estavam expostos. Mesmo em dias de chuva, em que seria previsível que as concentrações de poeira diminuíssem verificou-se que estas concentrações ultrapassavam o valor limite de exposição (Gruenzner, 2003).

Um outro estudo, com o mesmo objectivo, foi realizado por Mantovani, et al., em duas explorações de basalto para produção de agregados, em que o objectivo nuclear era a avaliação da quantidade, qualidade e tamanho da poeira no ambiente de trabalho e a possível relação dos dados obtidos com os efeitos na saúde dos trabalhadores. As medições

foram realizadas junto às vias aéreas dos trabalhadores para que, dos dados recolhidos, fossem semelhantes à quantidade de poeira inalada. Concluiu-se que para o teor de sílica na fracção respirável, o maior valor obtido foi de 3,8%. Deve-se salientar que, segundo a literatura, o risco de formação de nódulos silicóticos (silicose clássica) está relacionado com a poeira que contém mais de 7,5% de sílica livre. Para poeiras com valores menores, caso do basalto, é provável a ocorrência de pneumoconioses por poeira mista. Os valores para concentração de poeira no ambiente de trabalho mostraram que 33% da poeira respirável na pedra X era 50%, na pedra Y, encontram-se acima do limite de tolerância aceitável para os trabalhadores, conforme estabelecido pela NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil. Segundo os factores avaliados, teor de sílica, tamanho e concentração, os autores concluíram que a poeira respirável proveniente da produção de brita a partir do basalto é prejudicial para o sistema respiratório, sendo possível a ocorrência de pneumoconiose por poeira mista (Mantovani, et al., 2004).

Mais tarde, em 2004, com os resultados da investigação entretanto realizada, o NIOSH publica um documento onde os efeitos da exposição à sílica, os riscos e as doenças associadas, os métodos de protecção contra a silicose e medidas preventivas (National Institute for Occupational Safety and Health, 2004).

Em 2006, é publicado o “Guia de Melhores Práticas para a protecção da saúde dos trabalhadores através do correcto manuseamento e utilização da sílica cristalina e produtos relacionados” da *European Network on Silica*, em que o seu objectivo é oferecer aos produtores e utilizadores de produtos e materiais que contêm sílica cristalina uma orientação sobre a aplicação prática de um programa para gerir a sílica cristalina respirável e orientação sobre a utilização segura de produtos que contenham sílica cristalina respirável no local de trabalho. Oferece, ainda, um pequeno guia de gestão de riscos e procedimentos de segurança facilmente aplicáveis que vai sofrendo actualizações ao longo dos meses (The European Network on Silica, 2006).

Mais recentemente, Taeger, et al., (2008) vem dizer que a exposição ocupacional à sílica cristalina é um dos factores de risco mais importantes e com maior registo entre as indústrias e associado a doenças do foro cancerígeno. De acordo com a legislação europeia e nacional, a estimativa de risco é baseada no valor limite de exposição. Várias incertezas na quantificação da exposição à sílica cristalina podem afectar a estimativas de risco em estudos epidemiológicos e afectar a correcta avaliação dos casos. Os autores chamam a atenção para a necessidade de desenvolvimento de uma matriz de exposição ocupacional

que seja equivalente a todas as indústrias de forma a criar uma base de dados que facilite a análise estatística, a análise de incertezas, a análise dos casos de doença e permitir recomendações para uma melhor prática da avaliação da exposição em estudos futuros (Taeger, et al., 2008).

Já em 2009, Meeker, num trabalho focalizado na indústria da construção civil, onde a sobre-exposição do trabalhador à sílica cristalina respirável é um factor significativo para o desenvolvimento de doenças e mortalidade ocupacional, avalia o desempenho de mecanismos de controlo de poeiras como, por exemplo, a ventilação mecânica. O estudo foi realizado em oficinas de transformação e corte de pedra e foram comparados os resultados entre amostras recolhidas sem o uso da ventilação ou utilização de água e com a utilização destes dois mecanismos. Os resultados mostram que há uma redução da concentração da sílica cristalina em 96% com a utilização da ventilação mecânica e uma redução de até 91% com a utilização da água. O que leva a concluir que a adopção por sistemas de ventilação e água neste tipo de trabalhos poderá reduzir drasticamente a concentração de poeiras melhorando assim as condições de trabalho (Meeker, 2009).

3.3.9 Evolução previsível da investigação

Atendendo ao estado da arte no campo da exposição à sílica cristalina, às necessidades de investigação e ao interesse demonstrado por diferentes investigadores a nível internacional, sobre esta temática, é previsível que, nos próximos anos, se dê, preferencialmente, nas seguintes áreas:

- Desenvolvimento da investigação da relação entre a exposição a poeiras de sílica cristalina e as doenças respiratórias;
- Desenvolvimento de programas de prevenção, formação e informação para empresas e trabalhadores, de forma a minimizar os focos de emissão de poeiras ou controlá-los;
- Implementação de programas de assistência técnica e /ou organizacionais de forma a reduzir a exposição às poeiras;
- Em Portugal, há necessidade de estabelecer um valor limite de exposição mais rigoroso para a indústria extractiva semelhante aos outros tipos de indústria;
- Necessidade de desenvolvimento de metodologias de investigação, prevenção, controlo e acção para trabalhadores da indústria extractiva.

3.4 AMBIENTE TÉRMICO

O corpo humano é um sistema termodinâmico que produz calor e interage com o ambiente circundante. O Ambiente térmico é de inegável importância no que se refere à melhoria das condições de trabalho e de qualidade de vida dos trabalhadores e está relacionada um conjunto de variáveis térmicas ou meteorológicas do local de trabalho, as quais influenciam as trocas de calor entre o meio e o organismo humano.

A temperatura do nosso corpo é, na generalidade das pessoas, de 37°C e pode ser bem distinta das condições térmicas do meio. De forma a “sobreviver” e manter em equilíbrio a temperatura corporal a essas variações, o homem desenvolveu mecanismos que lhe permitem manter a temperatura constante apesar das variações térmicas exteriores. Sensações como arrepios ou transpirações são comuns no nosso dia-a-dia e são mecanismos de controlo de temperatura sobejamente conhecidos (Sá, 1999).

Contudo, estes factores não são os únicos relacionados com o ambiente térmico e relevantes para o conforto térmico, pois, nas mesmas condições de temperatura, a mesma pessoa pode ter sensações de frio ou de calor, dependendo da roupa que tiver vestida e do tipo de actividade que está a realizar, tornando-se o vestuário e a actividade também factores fundamentais na análise do ambiente térmico (Sá, 1999).

O processo de manutenção da temperatura interna do organismo a uma temperatura constante de 37°C designa-se por Homeotermia (Rodrigues, 2005).

Para que o estado de Homeotermia se mantenha, o calor do corpo mais o ganho de calor do ambiente deverá ser idêntico ao calor perdido. Estes ganhos e perdas de calor dão-se por condução através da roupa utilizada, pela pele e pela convecção entre o ar e a superfície corporal (Miguel, 2007).

O calor perdido ou ganho ocorre de forma sensível e latente. O calor sensível, ganho ou perdido, transmite-se por condução através da cobertura (vestuário) e pela pele, convecção entre o ar e superfície corporal e radiação do céu ou superfícies vizinhas para a superfície corporal. O calor latente corresponde à evaporação da água que ocorre na superfície da pele (sudorese) e nas vias respiratórias, no processo de respiração. Em situações de frio, actuam a vasoconstrição periférica (evitando a perda por radiação e convecção) e o arrepio (aumentando o calor produzido internamente). Em situações de calor, a vasodilatação

periférica faz com que aumente a temperatura da pele, proporcionando a perda de calor para o meio por convecção e por radiação.

Infelizmente estes mecanismos reguladores são apenas eficazes dentro de certos limites de condições de ambiente térmico. Uma vez ultrapassados, deixa de haver garantia de homeotermia, surgindo a doença (Rebelo, 2008).

Para que se encontre um ambiente térmico saudável em qualquer posto de trabalho é preciso estabelecer um controlo simultâneo dos valores de temperatura, humidade, velocidade do ar e calor radiante (Lopes, 2007)

Quando se está sob uma temperatura excessivamente alta ou baixa, estamos perante um factor de stress para o nosso organismo, podendo originar várias perturbações físicas e psicológicas, principalmente pelo efeito cumulativo ou, então, de choque. Em situações extremas, podem ocorrer desidratações e/ou subida e/ou descida brusca da temperatura do corpo o que poderá provocar desmaios, não esquecendo que afecta directamente o desempenho do trabalhador.

O ambiente térmico pode ser definido como o conjunto das variáveis térmicas do posto de trabalho que influenciam o organismo do trabalhador, sendo, assim, um factor importante que intervém, de forma directa ou indirecta, na saúde e bem-estar do trabalhador (MARTINET, et al., 1999).

A sensação de conforto térmico poderá variar com a variação dos seguintes factores:

- Tipo de actividade realizada e sua duração temporal;
- Tipo de vestuário utilizado;
- Sensibilidade do indivíduo;
- Calor radiante;
- Temperatura do ar;
- Humidade relativa do ar;
- Temperatura média radiante das superfícies vizinhas;
- Velocidade do ar (MARTINET, et al., 1999).

O conforto térmico tem, como objectivo, a manutenção das seguintes 6 condições:

- Equilíbrio térmico;
- Ausência de arrepios ou tremuras;
- Débito de sudção óptimo;
- Temperatura cutânea média óptima;

- Pele relativamente seca;
- Ausência de secura nas mucosas bucofaríngeas (Lopes, 2007).

Quando não se atingem estas condições, poderá atingir-se o stresse térmico ou seja, o estado psicofisiológico a que o indivíduo se submete quando exposto a condições ambientais extremas (frio ou calor). Este estado pode ser atingido facilmente com o aumento do metabolismo, da temperatura do ar (principalmente quando a temperatura do ar é superior à temperatura do corpo) e diminuição da velocidade do ar.

A utilização de vestuário adequado às condições ambientais e da actividade realizada é um factor importante por ser uma barreira às trocas de calor entre o corpo e o ambiente que o rodeia (Lopes, 2007).

Quando, por diversos condicionalismos, não for possível ou conveniente modificar as condições de temperatura e humidade, deverão ser adoptadas medidas tendentes a proteger os trabalhadores contra temperaturas e humidades prejudiciais, através de medidas técnicas localizadas ou meios de protecção individual ou, ainda, pela redução da duração dos períodos de trabalho no local.

3.4.1 Ambientes neutros

Estamos perante um ambiente neutro quando a produção de calor metabólico é equilibrada pelos desperdícios de calor através dos processos de convecção, radiação e condução, já anteriormente referidos e pelas perdas de calor respiratório, sem que o individuo tenha necessidade de lutar contra o calor e/ou o frio (Miguel, 2007).

Quando existe uma sensação de conforto térmico, verificam-se as seguintes condições fisiológicas:

- Equilíbrio térmico: nem perda nem ganho de calor;
- Débito de sudação óptimo;
- Ausência de arrepios;
- Temperatura média cutânea óptima;
- Molhagem cutânea inferior a 60%;
- Ausência de secura das mucosas bucofaríngeas.

Factores como a humidade, a velocidade do ar e a aclimatização poderão deslocar a zona de conforto entre 2 a 3º, onde a especificidade do trabalho desenvolvido apresente uma

influência muito maior. Se o trabalho for demasiado exigente, poderá deslocar a zona de conforto em 15°C (Miguel, 2007).

Quando o afastamento da zona de conforto é pequeno, o organismo, através das reacções fisiológicas, consegue manter a homeotermia, apesar das sensações de desconforto. À medida que o afastamento aumenta e as reacções fisiológicas são insuficientes para manter o estado de homeotermia, ultrapassa-se o simples caso de intolerância ao frio ou ao calor, havendo que tomar medidas ou diminuir o tempo de exposição.

3.4.2 Efeitos do Frio: Ambientes frios

Caracterizam-se por serem ambientes cujo balanço das trocas convectivas e radiantes é negativo. De forma a reequilibrar o balanço térmico, o corpo humano reage, fundamentalmente, por três processos:

Sobrecarga termostática: que consiste nas temperaturas cutâneas descenderem para que se verifique a redução das perdas convectivas e radiantes;

Sobrecarga circulatória: através da diminuição da condutância fisiológica e do débito sanguíneo cutâneo;

Sobrecarga metabólica: através do aumento do tónus muscular e aparecimento de arrepios (Miguel, 2007)

Por outro lado, a permanência em ambiente com baixas temperaturas pode originar:

- Enregelamento;
- Pé das trincheiras;
- Frieiras;
- Eritrocianose (Lopes, 2007).

A exposição continua ao frio pode desencadear ainda outras consequências para a saúde como, por exemplo, ao nível cardiovascular com bradicardias e aumento da pressão arterial, ao nível respiratório com asma, bronquite crónica, rinite, tosse e hemorragias nasais. Podem, ainda, desencadear-se fenómenos como artrite, desordens músculo-esqueléticas e diurese². (Oliveira, 2006).

² Diurese – secreção abundante de urina pelo organismo

3.4.3 Índice de Arrefecimento pelo Vento: Wind Chill Index

Segundo Oliveira (2006), o índice de arrefecimento pelo vento, WCI, é um índice que pretende caracterizar a severidade climática ao permitir avaliar a influência de parâmetros sobre o desempenho da actividade humana (Oliveira, 2006).

De acordo com Sérgio Miguel (2007), o WCI foi desenvolvido empiricamente na Antárctida por Siple e Tassel (1945), que fazem experiências relacionadas com as perdas de calor em contentores de água sem isolamento térmico (Miguel, 2007). Este índice descreve a taxa de calor perdida por radiação e convecção em função da temperatura do ar e da velocidade do vento, admitindo como temperatura superficial, a de 33°C, dado que este valor era representativo da temperatura média cutânea (Oliveira, 2006).

O valor do WCI é dado pela seguinte expressão:

$$WCI = 1,16(10\sqrt{V_a} + 10,45 - V_a) * (33 - t_a)$$

Sendo:

WCI: o índice Wind Chill, expresso em $W.m^{-2}$;

V_a : velocidade do ar, expressa em m/s^{-1} ;

T_a : temperatura do ar, expressa em °C.

O índice Wind Chill nunca deverá ultrapassar os $1300 W.m^{-2}$, para que não se verifique os efeitos do frio sobre as partes expostas do corpo (Miguel, 2007).

3.4.4 Acção sobre o stresse térmico

Segundo Lopes (2007), o stresse térmico pode ser definido como o estado psicofisiológico a que está submetida uma pessoa, quando exposta a condições ambientais extremas de frio ou calor. Uma situação de stresse térmico pode ser causada por uma das seguintes causas: aumento de metabolismo; aumento ou diminuição da temperatura do ar; aumento ou diminuição da temperatura radiante média; modificação da velocidade do ar, quando a temperatura do ar é superior ou inferior à temperatura cutânea média; ou o aumento da humidade do ar (Lopes, 2007).

Sendo o vestuário um factor importante, influência o conforto térmico, por ser uma barreira entre a superfície cutânea e o ambiente. Este isolamento é medido numa unidade chamada Clo, que corresponde ao isolamento térmico assegurado pelo vestuário.

Assim esta unidade (Clo) refere-se ao efeito do isolamento para a totalidade do organismo, traduzindo uma resistência média equivalente entre a superfície da pele e o ambiente externo (Oliveira, 2006).

De acordo com Sérgio Miguel (2007), é necessário assegurar um balanço térmico nulo para um vestuário adequado.

Para isso, o isolamento térmico total pode ser determinado pela seguinte equação:

$$I_t = (33 - t_a) / 0,75 M$$

sendo:

I_t : o isolamento térmico total, expresso em $k.m^2.W^{-1}$;

T_a : a temperatura seca do ar, expressa em $^{\circ}C$;

M : o metabolismo energético, expresso em $W.m^{-2}$.

O isolamento aéreo pode ser determinado através da seguinte equação:

$$I_a = 1 / (h_c + h_r)$$

em que:

I_a : corresponde ao isolamento aéreo, expresso em $K.m^{-2}.K^{-1}$;

h_c : corresponde ao coeficiente de convecção, expresso em $W.m^{-2}.^{\circ}K^{-1}$;

h_r : corresponde ao coeficiente linear de radiação, expresso em $W.m^{-2}.^{\circ}K^{-1}$.

Por sua vez, o isolamento do vestuário expressa-se da seguinte forma:

$$I_{cl} = I_t - I_a$$

Para o isolamento aéreo dado pela primeira expressão, $0,1 k.m^2.W^{-1}$, o isolamento de vestuário dado pela segunda expressão, $0,66 K.m^{-2}.^{\circ}K^{-1}$, ou seja 4,26 Clo.

Segundo o mesmo autor, o isolamento térmico assegurado pelo vestuário é imputável à camada de ar que ele mantém em contacto com a pele (Miguel, 2007).

Contudo, como estamos perante ambientes térmicos frios, os movimentos do corpo renovam o ar sob o vestuário reduzindo o seu efeito. Por, isso, aconselha-se, então, a utilização de várias camadas finas de vestuário com pequenas camadas de ar entre si.

3.4.5 Efeitos do calor: Ambientes Térmicos Quentes

Certos locais de trabalho, como pedreiras, podem, no Verão, ultrapassar os 40°C. Milhares de trabalhadores, uns mais do que outros, sofrem assim temperaturas muito acima do que está recomendado, com efeitos nefastos para a saúde e para a produtividade.

Sempre que o nível térmico se eleva acima da zona de conforto, todos sentimos estados sucessivos de mal-estar psicológico que vão desde a sensação muito pessoal de estar incomodado a uma redução substancial do rendimento manual e intelectual, gerando-se, inclusive, um quadro mais propício a doenças e acidentes de trabalho (Lopes, 2007).

Os efeitos do calor no corpo humano podem ser bastante prejudiciais pois, à medida que o índice de stresse térmico se eleva acima da zona de conforto, pode suscitar mal-estar psicológico, diminuição da capacidade de trabalho, transtornos fisiológicos, esgotamento físico, fadiga cerebral, desidratação, incidência de doenças do foro cardiovascular e diminuição das capacidades cognitivas (Talaia, 2004).

São diversas as variáveis que podem contribuir para a uma situação de stresse térmico. De acordo com Miguel (2007), são:

- Aumento do metabolismo;
- Aumento da temperatura do ar;
- Aumento da temperatura radiante média;
- Alteração na velocidade do ar;
- Aumento da humidade relativa.

De forma a reequilibrar o balanço térmico, o corpo humano reage, fundamentalmente, por três processos(Miguel, 2007):

Sobrecarga termostática: que consiste nas temperaturas cutâneas aumentarem muito (a temperatura interna mais lentamente), permitindo otimizar as trocas de calor por convecção e por radiação entre a pele e o ambiente;

Sobrecarga circulatória: através do aumento da condutância fisiológica e do débito sanguíneo cutâneo;

Sobrecarga de sudção: por intermédio da molhagem cutânea que permite manter um certo débito evaporatório.

Mas, quando o organismo não consegue reequilibrar o equilíbrio térmico, os efeitos do calor sobre o homem podem dividir-se em três grandes grupos (Lopes, 2007):

- Psicológicos;
- Psicofisiológicos;
- Patológicos.

Exposições a calor excessivo, podem provocar consequências a longo prazo, como sejam:

- Maior susceptibilidade a outras doenças;
- Efeitos sinérgicos com contaminantes químicos;
- Decréscimo da capacidade cognitiva;
- Afecções da pele: erupções, queimaduras do sol;
- Cataratas;
- Maior incidência de doenças cardiovasculares.

3.4.6 Avaliação do Ambiente Térmico

Para a avaliação do ambiente térmico, é comum a utilização de vários índices, como o índice de temperatura efectiva, o de temperatura húmida ou de globo, o PMV e o PPD. Todavia, a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) sugeriu a adopção do WBGT como índice de valores limite para o stresse térmico, pois era o mais apropriado para utilização industrial (Miguel, 2007).

O índice WBGT, por ser de fácil determinação, é o mais utilizado para avaliação em ambientes muito quentes e húmidos ou muito frios e húmidos, podendo utilizar-se os critérios definidos pela norma ISO 7243 (Hot Environments – Estimation of the heat stresse on working man, based on the WBGT):1989, que refere que o índice WBGT combina a medição de dois parâmetros, a temperatura de bolbo húmido e a temperatura de globo (média radiante), bem como a medição, em algumas situações, de um parâmetro básico, a temperatura seca do ar.

$$\text{WBGT} = 0,7 T_h + 0,3 T_g \text{ (zonas interiores)}$$

$$\text{WBGT} = 0,7 T_h + 0,2 T_g + 0,1 T_a \text{ (sob exposição ao calor solar)}$$

sendo:

T_h – temperatura húmida em °C;

Tg – temperatura de globo em °C;

Ta – temperatura seca em °C.

De acordo com a norma ISO 7243, obtém-se um valor do stresse térmico a que um trabalhador está sujeito no momento da medição. É recomendado que as medições sejam realizadas em momentos de elevado stresse térmico, ou seja, nas condições mais desfavoráveis (verão, a meio do dia e/ou quando as fontes de calor estejam activas).

A avaliação do WBGT, segundo a mesma norma, pode ser determinada tendo em atenção a quantidade de calor produzida pelo corpo da pessoa exposta ao calor, ou seja, o metabolismo energético.

O valor de referência para o WBGT em função do metabolismo energético é dado pela Tabela 6 (Anexo A da norma).

Tabela 6: Valores de referência do WBGT em relação ao metabolismo energético usados na ISO 7243

Classe Ritmo Metabólico	Ritmo Metabólico <i>M</i>		Valores de Referência do WBGT			
	Relacionado com a área superficial de pele W/m^2	Total (para uma área de superfície corporal média de $1,8m^2$) W	Pessoa aclimatizada ao calor °C		Pessoa não aclimatizada ao calor °C	
0 (descanso)	$M < 65$	$M < 117$	33		32	
1	$65 < M < 130$	$117 < M < 234$	30		29	
2	$130 < M < 200$	$234 < M < 360$	28		26	
3	$200 < M < 260$	$360 < M < 468$	Movimento do ar imperceptível 25	Movimento do ar perceptível 26	Movimento do ar imperceptível 22	Movimento do ar perceptível 23
4	$M < 260$	$M > 468$	23	25	18	20
Nota: Os valores dados foram estabelecidos para uma temperatura rectal máxima de 38°C						

O índice PMV é um índice do valor previsível médio dos votos de um grupo de pessoas numa escala sobre a sensação térmica com 7 opções:

- + 3 quente;
- + 2 tépido;
- + 1 ligeiramente tépido;
- 0 neutro;
- 1 ligeiramente fresco;
- 2 fresco;
- 3 frio.

Por sua vez, o PPD é um índice do valor quantitativo previsto da percentagem de pessoas insatisfeitas, isto é, que considerem o ambiente demasiado quente ou frio (Miguel, 2007).

Para ambientes sem qualquer risco de saúde para o trabalhador, é comum utilizar-se os índices PMV/PPD, descritos pela norma ISO 7730 (Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal confort).

Para a obtenção de ambiente térmico neutro, ou conforto térmico, é recomendado que: PPD seja inferior a 10% e PMV esteja compreendido entre $-0,5$ e $+0,5$.

Adicionalmente, é recomendável que:

- a velocidade do ar seja menor que $0,5$ m/s;
- a humidade relativa esteja compreendida entre 30 e 70%;
- a diferença de temperatura entre $1,1$ m e $0,1$ m do solo seja inferior a 3°C ;
- a temperatura de superfície do solo esteja compreendida entre 19 e 26°C .

A utilização da norma é recomendada para valores de PMV compreendidos entre -2 e $+2$. O índice PMV é calculado com base no equilíbrio térmico e determinado com base no metabolismo, isolamento do vestuário e pelos seguintes parâmetros que devem estar compreendidos dentro dos seguintes intervalos (Lopes, 2007):

$$M = 46 - 232 \text{ W.m}^{-2} \text{ (0,8 a 4 met);}$$

$$T_r = 10 \text{ a } 40^{\circ}\text{C} ;$$

$$H_r = 30 \text{ a } 70\%;$$

$$T_a = 10 \text{ a } 30^{\circ}\text{C};$$

$$I_{cl} = 0 - 0,310 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W (0 a 2 clo);}$$

$$P_a = 0 \text{ a } 2700 \text{ Pa};$$

$$V_{ar} = 0 \text{ a } 1 \text{ m.s}^{-1}.$$

De acordo com a mesma norma, os índices PMV e PPD expressam o desconforto causado pelo calor ou pelo frio do corpo no seu todo (Lopes, 2007).

3.4.7 Enquadramento Legal

A legislação portuguesa nos termos do Decreto-Lei n.º 347/93, de 1 de Outubro e das Portarias n.º 987/93, de 6 de Outubro e da Portaria n.º 53/71, com as alterações introduzidas pela Portaria n.º 702/80, de 22 de Setembro, estabelece as obrigações de manutenção das condições de conforto térmico nos locais de trabalho, exige que a temperatura e a humidade estejam dentro dos limites convenientes, para evitar prejuízos à saúde dos trabalhadores, levados em conta os métodos de trabalho e os condicionalismos físicos impostos.

Pode-se analisar a legislação sobre este tema da seguinte forma:

Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais publicado pela Portaria n.º 53/71, de 3 de Fevereiro, alterado pela Portaria n.º 702/80, de 22 de Setembro); no seu artigo 24.º:

“Temperatura e Humidade:

1 – As condições de temperatura e humidade dos locais de trabalho devem ser mantidas dentro de limites convenientes para evitar prejuízos à saúde dos trabalhadores.

Quando, por condicionalismos tecnológicos, não for possível ou conveniente modificar as condições de temperatura e humidade, deve providenciar-se de modo a proteger os trabalhadores contra temperaturas e humidades prejudiciais, através de medidas técnicas localizadas ou meios de protecção individual ou, ainda, pela redução da duração dos períodos de trabalho no local. Não devem ser adoptados sistemas de aquecimento que possam prejudicar a qualidade do ar ambiente.”

Decreto-Lei n.º 347/93, de 1 de Outubro, que transpõe a Directiva n.º 89/654/CEE, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais de trabalho;

Portaria n.º 987/93, de 6 de Outubro, que estabelece as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais de trabalho no seu artigo 7.º:

“1 – A temperatura e a humidade dos locais de trabalho devem ser adequadas ao organismo humano, levados em conta os métodos de trabalho e os condicionalismos físicos impostos aos trabalhadores.

2 – A temperatura e a humidade das salas de convívio destinadas ao pessoal, bem como das instalações sanitárias, cantinas e instalações de primeiros socorros, devem estar de acordo com os fins específicos desses locais.

3 – As janelas, as clarabóias e as paredes envidraçadas não devem permitir uma excessiva exposição ao sol, tendo em conta o tipo de trabalho e a natureza do local de trabalho.

4 – Sempre que necessário, devem ser colocados resguardos para proteger os trabalhadores contra radiações intensas de calor provocadas por tubagens, radiadores, sistemas de aquecimento ou quaisquer outras fontes nocivas de calor.”

No que diz respeito à normalização de segurança destaca-se:

A Norma ISO 7243 – Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature) – ISO – 1989 define uma metodologia aplicável em ambiente industrial, para a avaliação do stresse térmico. Esta norma é a mais adequada para aplicação na indústria extractiva, dada a grande amplitude térmica que poderá haver num só dia. Com esta metodologia, analisa-se o efeito da temperatura a que o trabalhador está sujeito durante o período de trabalho, mas não se aplica à avaliação de stresse térmico sofrido durante períodos muito curtos de tempo, nem para a avaliação de stresse térmico próximos de zonas de conforto;

A Norma ISO 7933 (1989) especifica a metodologia de avaliação analítica e interpretação do stresse térmico experimentado pelo trabalhador num ambiente quente. Descreve o método de cálculo do balanço térmico, assim como o nível de sudação que o corpo deveria produzir para manter esse balanço em equilíbrio.

3.4.8 Evolução Histórica

Têm sido desenvolvidos vários estudos nesta temática, havendo a destacar o contributo de Yaglou e Minard em 1957 (Lopes, 2007), que introduziram o WBGT (Wet Bulb Globe Temperature – índice de temperatura húmida e de globo), considerado até hoje como o índice de conforto térmico para ambientes quentes e ”combina os valores obtidos da temperatura do bolbo húmido (t_{nw}) e temperatura de globo (t_g) e, em algumas situações, o valor de um parâmetro básico, a temperatura do ar (t_a)” (Lopes, 2007).

Ainda segundo o mesmo autor, “no âmbito da segurança, um dos primeiros estudos de que há registo foi o denominado Thermal Confort and physiological responses of foundry workers P.Tincolini, et al. (1970) que descreve uma investigação, realizada nos anos de 1968 e 1969 em trabalhadores de fundições situadas na proximidade de Florença, sobre as variações do microclima no interior das fundições em relação às variações ambientais ao longo do ano, assim como a realização de testes aos trabalhadores que relacionavam o conforto térmico com a temperatura” (Lopes, 2007).

Em 1980, Attia, et al., efectuaram um estudo denominado “A field study of thermal stress and recovery using thermoregulatory behavioral and physiological indicators” que tinha como objectivo otimizar o regime trabalho/descanso entre soldadores de uma fundição. Foram testados 3 regimes de trabalho/descanso:

- Trabalho com duração de 2 h seguido de período de descanso de 1h;
- Trabalho com duração de 1 h seguido de período de descanso de 1h;
- Trabalho com duração de 2 h seguido de período de descanso de 2h.

Estes regimes foram testados nos 3 turnos diários: manhã, tarde e noite.

À medida que os testes iam sendo realizados, mediu-se a frequência cardíaca e a temperatura corporal em três pontos: mão, testa e nuca e manifestando cada trabalhador, através de voto, o seu grau de agradabilidade.

Os resultados indicaram que o regime de trabalho (2h) / descanso (2h) foi o mais satisfatório dos três esquemas testados e foi associado com a recuperação integral do stresse térmico após 2 h de repouso. Os resultados indicaram que o turno da manhã era o mais vantajoso em relação à carga cardiovascular e tensão térmica durante os períodos de trabalho, embora a recuperação do stresse térmico tenha sido atingido após 2 h de repouso nos três turnos. A partir deste estudo, propôs-se como condição de melhoria das condições de trabalho, um tempo de descanso de 2 h entre períodos de trabalhado, para que os trabalhadores possam recuperar de condições de ambiente térmico desfavoráveis (Attia, et al., 1980).

Num outro trabalho, realizado por Hancher, et al. (1998), intitulado “The Effect of Hot Weather on Construction Labor Productivity and Costs”, foi introduzido um modelo de produtividade que entra em linha de conta tanto com condições térmicas como de trabalho. Os autores fazem uso do WBGT, para avaliar o efeito das condições climáticas na fisiologia e resposta sensorial do corpo, através da aplicação de quatro factores,

temperatura do ar, humidade relativa, exposição solar e esforço na execução da tarefa em questão. O modelo permitiu a obtenção de curvas de produtividade que relacionam trabalho com conforto térmico (Hancher, et al., 1998).

No ano seguinte, em 1999, Thomas, et al., num outro estudo intitulado “Loss of Labor Productivity Due to Delivery” definem, entre outros factores influenciadores da produtividade, o ambiente térmico, e concluem que a neve e as temperaturas frias afectam directamente a produtividade em cerca de 41% em condições de neve e 32% para as temperaturas frias (Thomas, et al., 1999).

Em 2001, Moran, et al. definem um novo índice de stresse ambiental ESI, baseado em parâmetros diferentes, relacionados com o stresse térmico (Moran, et al., 2001).

$$ESI = 0.63T_a - 0.003H_r + 0.002 R_s + 0.0054 (T_a * H_r) - 0.073 (0.1 + R_s)^{-1}$$

em que

T_a é a temperatura ambiente, expressa em °C;

H_r a humidade relativa, expressa em %;

R_s a radiação solar, expressa $W.m^{-2}$.

Os autores realizaram medições meteorológicas em 3 zonas climáticas (extremamente quente/seco, quente/húmida e quente/seca e) durante 60 dias. Concluem com o estudo que o ESI não estava correlacionado com nenhuma variável fisiológica que reflectisse esforço (Moran, et al., 2001).

No ano seguinte, e com base nessa conclusão, os mesmos autores realizam um outro estudo intitulado “Evaluation of environmental stress index for physiological variables”. Neste trabalho, colocam 12 jovens do sexo masculino expostos, no exterior, a 12 diferentes combinações experimentais dos 3 ritmos metabólicos (descanso, exercício moderado e intenso), dois tipos de roupa (roupa de algodão e roupa de protecção) e dois níveis de radiação solar (sombra e sol). Cada exposição tinha a duração de, aproximadamente, 120 minutos. A temperatura rectal e o ritmo cardíaco eram constantemente monitorizados. Quando a análise estatística foi efectuada, descobriram-se elevadas correlações ($R > 0.838$) entre o ESI e os factores em análise, o que demonstrou o potencial para o uso generalizado do índice. Apesar destes resultados, os autores concluíram também que seria necessário aprofundar a pesquisa entre variáveis fisiológicas e o índice obtido a partir de outras

condições climáticas, intensidade de exercício diferentes e roupa adicional (Moran, et al., 2002).

Em 2006, um outro estudo sobre a percepção térmica e controlo de variáveis termo fisiológicas colocou 24 indivíduos num sistema alternado entre descanso (sentado numa cadeira) e actividade física (caminhada em tapete) a uma temperatura considerada “neutra” para actividades sedentárias. Seguidamente, os participantes alternaram entre repouso e exercício, em diferentes intensidades de exercício e de temperatura. Verificou-se que a percepção térmica dos indivíduos alterava rapidamente após uma mudança de actividade e de condições térmicas, o que significa que, por mais ínfima que seja a mudança de actividade, esta tem influência na percepção térmica dos indivíduos (Goto T, 2006).

Relativamente ao controlo comportamental sobre a temperatura, Guyton, citado por Rebelo, (2008) afirma que “Além dos mecanismos subconscientes para o controle da temperatura corporal, o corpo possui ainda outro mecanismo de controlo da temperatura e até mais evidente. Trata-se do controlo comportamental da temperatura (...), sempre que a temperatura corporal interna fica muito alta, sinais provenientes das áreas cerebrais de controlo da temperatura dão à pessoa a sensação psíquica de que está sobreaquecida. Inversamente, sempre que o corpo fica muito frio, sinais oriundos da pele e, provavelmente, de receptores corporais profundos, desencadeiam a sensação de desconforto por frio. Dessa maneira, a pessoa pode fazer ajustes ambientais apropriados para restabelecer a sensação de conforto (...)” (Rebelo, 2008).

Mais recentemente, em Julho deste ano (2009), McCool et al., apresentaram um estudo intitulado “ Outdoor Workers , Perceptions of The Risk of Excess Sun Exposure”, onde analisaram a sensibilidade dos trabalhadores a questões relacionadas com o trabalho no exterior sob radiação solar intensa e sujeitos a ambientes térmicos com grande oscilação. Do estudo, concluíram que, dos 1808 trabalhadores da amostra, 37% dos inqueridos sabiam os riscos a que estavam sujeitos e tomavam as precauções possíveis. Destaca-se que os trabalhadores mais jovens eram os que se mostravam menos preocupados com os efeitos do calor e da radiação solar, não tomando, por isso, qualquer precaução. Com este estudo, concluiu-se que ainda há muito caminho a percorrer no sentido de sensibilizar os trabalhadores para as medidas de precaução a tomar neste tipo de trabalhos (McCool, et al., 2009).

Para investigação futura, no domínio do conforto térmico, destacamos os seguintes domínios:

- Relação entre o trabalho com baixa actividade física e o conforto térmico;
- Sensibilização para os riscos térmicos entre trabalhadores da indústria agrícola (trabalhos em estufas), extractiva, construção e trabalhadores expostos a ambientes quentes ou ambientes frios (câmaras frigoríficas, por exemplo);
- Necessidade de desenvolvimento de metodologias de investigação, controlo e acção para trabalhadores expostos a ambientes frios e desenvolvimento de metodologias de prevenção para estes casos.

4 RECOLHA DE DADOS

O trabalho consistiu na recolha de dados relativamente ao ruído, poeiras e ambiente térmico e efectuou-se numa exploração a céu aberto de quartzo, feldspato e granito e duas explorações a céu aberto de granito industrial. Por questão de confidencialidade das empresas, serão designadas por Mina A, Pedreira B e Pedreira C, respectivamente.

4.1 MINA DE QUARTZO, FELDSPATO E GRANITO – MINA A

A extracção de quartzo e feldspato a céu aberto na Mina A, incide também sobre a rocha encaixante do jazigo para a produção de agregados, para a construção civil e obras públicas.

Devido ao facto de se tratar de filões aplito-pegmatíticos subverticais, aflorantes, a exploração é efectuada a céu aberto, por degraus direitos.

O minério extraído e a rocha encaixante são tratados na central de britagem situada na concessão bem como o granito da rocha encaixante, que é aproveitado para produção de inertes.

Quer o minério, quer o granito encaixante são tratados na instalação anexa da empresa, obtendo-se quartzo e feldspato calibrados e agregados.

Na mina A, produz-se, em média por ano, 25 000 kg de quartzo bruto, 5000kg de feldspato e 110.000kg de granito, produção fixada exclusivamente por factores comerciais.

De modo geral, o quartzo destina-se às indústrias metalúrgica, construção civil e obras públicas, o feldspato essencialmente para a indústria cerâmica, e o granito para a produção de agregados para utilização na construção civil e obras públicas.

4.1.1 Desmonte

O desmonte do jazigo é feito por degraus direitos, ascendentes ou descendentes consoante a cota da plataforma de acesso ao filão, desenvolvendo-se, conforme o caso, até ao topo ou à base do corpo mineralizado.

O arranque é feito por pá mecânica de pá frontal ou por meio de explosivos tradicionais, consoante se trate de quartzo, feldspato ou de rocha encaixante.

O desmonte é selectivo, arrancando-se separadamente minério e rocha encaixante e fazendo-se, se necessário, armazenamento de cada uma das matérias-primas para posterior tratamento em separado.

As pegas de fogo são muito variáveis, de acordo com a diversidade das situações.

A retroescavadora hidráulica, sobre lagartas, descarrega directamente sobre o camião que transporta o minério para o sistema torva/primário, onde foi feito o estudo.

4.1.2 Sistema Torva /Primário

A retroescavadora hidráulica, sobre lagartas, descarrega directamente sobre o camião de 15 ton de capacidade aproximadamente que transporta o minério para o primário da central de britagem, situada na concessão.

O Sistema Torva/Primário na Mina A é composto por uma torva com capacidade de aproximadamente 30 ton, um alimentador e um britador de maxilas. A cabine do trabalhador situa-se imediatamente ao lado do britador de frente para a zona da Torva onde são descarregados os materiais Figura 9.



Figura 9 (a e b): Sistema Torva/Primário na Mina A

A cabine do trabalhador tem uma estrutura metálica revestida, na metade inferior, por chapas metálicas e, na metade superior, por vidro. Tem uma janela com portas de correr (situada do lado da boca do britador) e uma porta de alumínio (Figura 10). Está implantada sobre a estrutura metálica que sustem o britador e o alimentador (Figura 9).



Figura 10 : Cabine, Britador e Torva na Mina A

No seu interior é composta por uma cadeira e pelos comandos manuais de controlo de funcionamento do alimentador e britador. Não apresenta qualquer sistema de climatização (Figura 10).

Dadas as suas dimensões, que só permitem a estada do trabalhador no seu interior, não nos foi possível medir as condições de Ambiente Térmico, Ruído e Poeiras no seu interior, por questões de segurança. Para além disso, devido à disposição da cadeira, o trabalhador fica de lado relativamente à zona de descarga, diminuindo assim a sua visualização directa para o alimentador e britador.

4.1.3 Recolha de Dados

A recolha de dados processou-se entre 15 e 18 de Junho de 2008, mediante condições atmosféricas idênticas e típicas de dias de primavera amenos.

A recolha foi feita no exterior, num acesso lateral ao Torva/Primário, ficando os aparelhos de medição a aproximadamente 3 metros de distância da cabine do trabalhador, por questões de espaço e de segurança.

Uma vez que as medições foram efectuadas no período de verão, procurou-se a obtenção de valores mais críticos.

As medições foram realizadas durante a parte da manhã e parte da tarde, de forma a abranger a totalidade das condições verificadas num dia normal de trabalho.

4.2 PEDREIRAS DE GRANITO – PEDREIRA B E PEDREIRA C

As pedreiras B e C são pedreiras de granito industrial de média/grande dimensão em que os seus objectivos principais são a produção de agregados. Os agregados são materiais granulares, caracterizados por distintas composições granulométricas, entre outras propriedades. São a matéria-prima necessária ao fabrico de betão, argamassas e muitos outros produtos para a indústria da construção civil e obras públicas. Além destas, os agregados têm também diversas aplicações industriais e agrícolas.

4.2.1 Desmonte

O desmonte do jazigo é feito por degraus direitos, ascendentes ou descendentes, consoante a cota da plataforma de acesso ao granito, com recurso a explosivos, em diagramas cuidadosamente estudados e elaborados para cada tipo de desmonte. As pegas de fogo são variáveis, de acordo com a diversidade das situações.

A carga e transporte do granito desmontado são efectuados com recurso a pás carregadoras e dumpers que poderão ir até às 60 ton de capacidade que levam o material até ao sistema Torva/Primário, alvo deste estudo.

4.2.2 Sistema Torva /Primário

Pedreira B

O Sistema Torva/Primário da Pedreira B é composto por uma torva, um alimentador e um britador de maxilas. É uma estrutura de grandes dimensões e completamente automatizada. A sua estrutura é suportada por uma base de betão armado e a boca da torva completamente isolada através de painéis metálicos, de forma a evitar as projecções para fora da estrutura, aumentando assim a segurança da envolvente. O acesso à boca da torva é

feito através de uma estrutura metálica que acompanha toda a estrutura para que o trabalhador tenha acesso em caso de encravamentos.



Figura 11 (a e b): Sistema Torva/Primário da Pedreira B

A cabine do trabalhador é composta por chapas metálicas e rodeada de vidro. Tem uma janela com portas de correr e uma porta de alumínio e está colocada na estrutura metálica separada da estrutura que sustem a torva e o britador (Figura 11). A cabine é climatizada e comporta o painel de controlo da torva, alimentador e tapetes e tem espaço suficiente para mais do que uma pessoa permanecerem no seu interior, confortavelmente.

Devido à automatização de toda a estrutura, o trabalhador só sai em caso de encravamento do britador ou avaria em alguma das estruturas complementares.

Como o interior da cabine é espaçoso, permitiu que fossem efectuadas medições no seu interior. Assim, sendo para este caso, as medições efectuaram-se durante 3 dias no interior da cabine e 3 dias no seu exterior. Nesta segunda situação, os equipamentos foram colocadas na estrutura de acesso à torva, numa zona de segurança. Esse local era privilegiado, uma vez que era o local mais próximo da boca do britador e do alimentador, permitindo que os equipamentos estivessem mais próximos dos alvos do estudo (Figura 12).



Figura 12: Acesso à estrutura de segurança do sistema Torva/Primário da Pedreira B

Pedreira C

O sistema Torva/Primário da pedreira C é uma estrutura bastante mais pequena que a anterior, composta igualmente por uma torva, um alimentador e um britador de maxilas, (Figura 13).

A sua estrutura é suportada por uma base em betão armado completamente isolada a toda a volta com painéis metálicos, tendo, somente, uma abertura para o material cair no alimentador.

A cabine do trabalhador está suportada por outra estrutura em betão armado e, ao contrário da Mina A e Pedreira B, é constituída por uma estrutura em betão. Possui janelas em todas as paredes da estrutura e uma porta em alumínio. No seu interior, encontra-se um painel de controlo manual, uma vez, que neste caso, o trabalhador consegue, dentro da estrutura, ver o material dentro da torva, o alimentador, a boca do britador e os tapetes que levam o material britado. No entanto, como se pode observar na Figura 13, também existe um conjunto de comandos de controlo fora da cabine, local onde, muitas vezes, era o local onde, o trabalhador permanecia a maior parte do tempo.



Figura 13: Sistema Torva/Primário da Pedreira C

Como o interior da cabine era espaçoso, permitiu que fossem efectuadas as medições no seu interior. Assim, para este caso, as medições efectuaram-se durante 3 dias no interior da cabine e 3 dias no exterior da cabine, colocando, no segundo caso, os equipamentos na estrutura de acesso à torva, numa zona de segurança.

4.2.3 Recolha de dados

A recolha de dados realizou-se para o interior da cabine da Pedreira B nos dias 18, 25 e 26 de Março de 2009 e no exterior nos dias 27 de Março, 20 e 21 de Abril de 2009, mediante condições atmosféricas idênticas e típicas de dias de primavera amenos.

No caso da Pedreira C, a recolha de dados realizou-se para o interior da cabine do trabalhador nos dias 5, 6 e 7 de Maio de 2009 e no exterior nos dias 20, 21 e 26 de Maio de 2009, mediante condições atmosféricas típicas de um dia de primavera quente.

As medições foram realizadas para as pedreiras B e C durante a parte da manhã e parte da tarde, de forma a abranger a totalidade das condições verificadas num dia normal de trabalho.

4.2.4 Meios utilizados na medição e no tratamento dos resultados

Para a recolha de dados nas 3 explorações foi utilizado equipamento e software cedidos pelo Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

4.2.5 Ambiente Térmico

A recolha de dados para o ambiente térmico foi realizada através de um BaBuc A – BSA 10 da marca Italiana LSI – Laboratori di Instrumentazione Industriale. A unidade de base é composta por uma porta série RS232, 11 entradas e memória para 20.000 medições.

Dentro da gama de sondas que poderão ser adaptadas a este equipamento, foram utilizadas para este estudo, as seguintes:

- Sonda de fio quente para medição da velocidade do ar – marca LSI – modelo BSV 101;
- Sonda psicométrica para medição da humidade relativa – marca LSI – modelo BSU 102;
- Sonda de temperatura ambiente – marca LSI – modelo BST 101;
- Sonda de temperatura húmida natural – marca LSI – modelo BSU 121;
- Sonda de globo preto opaco – marca LSI - modelo BST 131;

O software utilizado para tratamento e recolha de dados, de acordo com as normas internacionais ISO foi o INFOGAP Versão 2.20 Código MW 6501 da LSI fornecido com o equipamento.

Os dados apresentados pelo Software Infogap estão de acordo com as normas específicas para ambientes térmicos moderados e quentes: ISO 7730 (Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort), ISO 7243 (Hot Environments – Estimation of the Heat Stresse on Working Man, Based on the WBGT) e ISO 7933 (Hot Environments – analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate).

De acordo com os dados fornecidos para aquele software, foi possível medir os seguintes parâmetros (Tabela7).

Tabela 7: Dados obtidos através das medições realizadas nas 3 explorações

Designação da Sonda	Descrição	Gama de Funcionamento	Obtenção do Valor
T	Temperatura ambiente do ar	0 a 60 °C	Medido
T _{wet}	Temperatura de bolbo húmido	-10 a 30 °C	Medido
T _{globo}	Temperatura de globo	10 a 40 °C	Medido
Va	Velocidade do ar	0 a 1 m. ^{s-1}	Medido
H _r	Humidade relativa	0 a 100%	Medido
WBGT Int	WBGT Interior	0 a 40 °C	Medido
WBGT Ext	WBGT Exterior	0 a 40 °C	Medido

As recolhas de dados foram realizadas durante as 8 horas diárias de trabalho para cada uma das três explorações.

4.2.6 Ruído

O equipamento utilizado para proceder às medições do nível sonoro contínuo equivalente foi um sonómetro marca CEL – 573.C1, da classe 1. O sonómetro utilizado é um analisador espectral com um microfone condensador de precisão CEL – 192 2F, com precisão tipo de 0,5 polegadas.

O sonómetro foi configurado com as seguintes opções:

- Faixa de medição para as medições realizadas tanto no exterior como no interior das cabines: 55 – 130 dB;
- Medição em tempo real – SLM (funcionamento como sonómetro);
- Resposta do microfone: campo livre;
- Taxa de transferência (Q): 3;
- Nível sonoro contínuo equivalente (Leq(dB));
- Filtros de banda de oitava;
- Tempo de resposta: rápida;
- Intervalo de tempo de medição: período de 1 hora para a maior parte das medições e, posteriormente, em intervalos, no máximo, de 2 minutos para medir o ruído proveniente das descargas, para termos de comparação (unicamente para o exterior, nos casos das Pedreiras B e C).

O equipamento foi posicionado na mesma posição do BABUC, estando o microfone situado a uma altura de cerca de 1,5m, tentando ser a altura mais aproximada dos ouvidos do trabalhador.

4.2.7 Poeiras

A colheita de dados foi efectuada nas zonas de trabalho onde a formação de poeiras era mais evidente, com o aparelho colocado à altura aproximada das vias respiratórias do trabalhador, tendo as amostragens, em cada situação, sido representativo do tempo normal de trabalho, ou seja, para as 8 horas de trabalho diárias.

Para a recolha de dados foi utilizado um Dust Track I da Marca TSI, que permite a medição de concentrações de aerossóis no ar, podendo efectuar as medições de concentração de partículas correspondentes a PM_{10} , $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$ e partículas respiráveis.

O equipamento foi colocado na mesma posição do BABUC e do Sonómetro, estando o ciclone situado a uma altura de cerca de 1,5m, tentando ser a altura mais aproximada das vias respiratórias do trabalhador.

O aparelho foi configurado da seguinte forma:

- Intervalo entre medições: 10 segundos;
- Calibre de partículas: 10 μm ;
- Caudal: 2 l/min.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De forma a facilitar a leitura e análise dos resultados deste estudo, os resultados das medições efectuadas foram colocadas em ficheiros em EXCEL agrupados por exploração, por dia de medição e com indicação se a medição foi feita no interior ou exterior das cabines.

A título demonstrativo, ao longo do texto, serão apresentados os resultados mais significativos por variável analisada (Ruído, Poeiras, Ambiente Térmico) e, finalmente, a comparação entre as três variáveis.

5.1 MINA A – MEDIÇÃO DE EXTERIOR

5.1.1 Ruído

Dadas as características do sonómetro utilizado para as medições, foram realizadas para as 8 horas de medição, dividido o período de medições entre o manhã e a tarde com uma paragem para a hora de almoço. Foram obtidos os valores de L_{Aeq} e dos níveis sonoros L_{eqn} (a cada frequência n central de oitava de 63 a 8000 Hz e o nível de L_{Aeq} T era igual ou superior a 80 dB(A), na Tabela 2. Foi, também, considerada a utilização de protectores auditivos.

Verificando os resultados representados na Tabela 8 e Tabela 9 e comparando-os com os Tabela 2, verifica-se que o nível de ruído se encontra entre os valores limites definidos nesta última como de risco intermédio, onde se aconselha a utilização de protecção auditiva por parte do trabalhador exposto e a verificação mínima anual dos níveis de ruído.

Tabela 8: Níveis de Ruído – Mina A para o período da manhã do dia 18 de Junho de 2008

Frequências	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Aeq,f,Tk}$ (espectro de ruído k)	88,60	86,20	84,80	80,80	78,20	76,30	72,30	64,60	
Ponderação A	-26,00	-16,00	-9,00	-3,00	0,00	1,00	1,00	-1,00	
$L_{Aeq,f,Tk}$ (espectro ponderado A)	62,60	70,20	75,80	77,80	78,20	77,30	73,30	63,60	
Atenuações protector ouvido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Desvio padrão do protector	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Margem de segurança	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
L_{eqn} (níveis globais por banda de oitava)	64,60	72,20	77,80	79,80	80,20	79,30	75,30	65,60	
L_{aeq} T	64,60	72,20	77,80	79,80	80,20	79,30	75,30	65,60	86,05
L_{aeq}, T =86,05									

Verificou-se que o ruído existente tem origem, predominantemente, nos momentos de descarga e do funcionamento do alimentador, onde se constatou que o ruído anormal registado se devia à necessidade de manutenção deste último equipamento.

O trabalhador, apesar de ter à sua disposição protecção auditiva, não a utilizava, justificando este facto com o desconforto que sentia com a sua utilização.

Tabela 9: Nível de Ruído – Mina A para o período da Tarde do dia 18 de Junho de 2008

Frequências	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _{Aeq,f,Tk} (espectro de ruído k)	65,50	68,00	67,20	66,30	61,30	58,60		
Ponderação A	-26,00	-16,00	-9,00	-3,00	0,00	1,00	1,00	-1,00
L _{Aeq,f,Tk} (espectro ponderado A)	39,50	52,00	58,20	63,30	61,30	59,60	1,00	-1,00
Atenuações protector ouvido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão do protector	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Margem de segurança	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Leq _n (níveis globais por banda de oitava)	41,50	54,00	60,20	65,30	63,30	61,60	3,00	1,00
L_{Aeq} T	41,50	54,00	60,20	65,30	63,30	61,60	3,00	1,00
							L_{Aeq}, T =69,18	

O valor mais elevado registado para esta exploração foi de 92,4 dB(A) (verificado uma única vez), classificado como nível de risco elevado comparando com a Tabela 2 o que significa a necessidade de medidas imediatas de redução dos níveis sonoros, pelo menos para o nível intermédio. Apesar do registo deste valor, na generalidade das medições não foi ultrapassado o nível de risco intermédio.

Verificou-se também que muitas das medições se situavam no nível de risco reduzido (68,0 dB(A)), o que nos colocou algumas dúvidas dada a realidade verificada no local. A descarga dos camiões na torva deveria produzir ruído acima dos 90 dB(A).

É importante referir que apesar da identificação dos níveis de ruído classificados como de risco elevado, ou seja em que os valores ultrapassam os 87 dB(A), as medições realizadas não demonstram estes picos de valores, uma vez que o sonómetro utilizado efectua uma média de todos os valores obtidos no período de medição. Pensa-se que o próprio ruído transmitido pelo alimentador, quando em funcionamento, seria superior à gama de valores obtidos na realidade. Isto porque, como já foi referido, o sonómetro utilizado faz uma média entre todos os valores de ruído, podendo, assim, ocultar os picos de valores verificados. Isto porque as medições foram feitas em intervalos de 1,5h a 3 horas. Para o aprofundamento da investigação sobre este assunto será necessário um equipamento que

permita o registo de várias medições em contínuo e com mais capacidade de memória. Deste modo, será possível evitar a necessidade de descarregar o equipamento frequentemente, tarefa que dificulta as medições neste tipo de locais. Esta alteração no modo de recolha dos dados permitirá também que as medições sejam as mais representativas possíveis das condições verificadas no local.

5.1.2 Poeiras

Nas figuras seguintes, apresentam-se as concentrações de partículas e os valores limite de exposição em relação aos trabalhadores expostos.

Assim, para a apresentação e interpretação das figuras e dos resultados nelas contidos, entende-se por:

C – a concentração média do poluente citado, expresso em mg/m^3 ;

VLE – valor limite de exposição para o poluente (mg/m^3), referido a 8 horas diárias e 40 horas semanais de trabalho. Representa as condições às quais se julga que a quase totalidade dos trabalhadores possa estar exposta, dia após dia, sem efeitos grandemente prejudiciais para a saúde;

C/VLE – é a relação (quociente) entre C e VLE .

Para classificar os resultados obtidos, foram considerados os Valores Limite de Exposição, para este tipo de partículas, as concentrações máximas da sua fracção respirável, segundo o Decreto-lei n.º162/90 de 22 de Maio (Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras).

Tabela 10: Valores limite de Exposição para a Sílica Cristalina
Valores limite de Exposição e efeitos críticos para o poluente - sílica livre cristalina de acordo com o
Decreto-lei n.º 162/90 de 22 de Maio

Substância/designação	VLE (mg/m^3)	Efeitos Críticos
Partículas respiráveis -Teor em Sílica inferior a 6%	5	Fibrose Pulmonar, Silicose
Partículas respiráveis -Teor em Sílica entre a 6% e 25%	2 ^(a)	
Partículas respiráveis -Teor em Sílica superior a 25%	1	

(a) Este valor foi o considerado neste trabalho devido ao teor de sílica ser superior a 6%, mas inferior a 25%.

Pela análise dos dados obtidos para esta exploração, verifica-se que, relativamente às poeiras, há ainda muito trabalho a desenvolver, pois todas as medições efectuadas

demonstram valores acima do valor limite de exposição recomendado para este tipo de partículas.

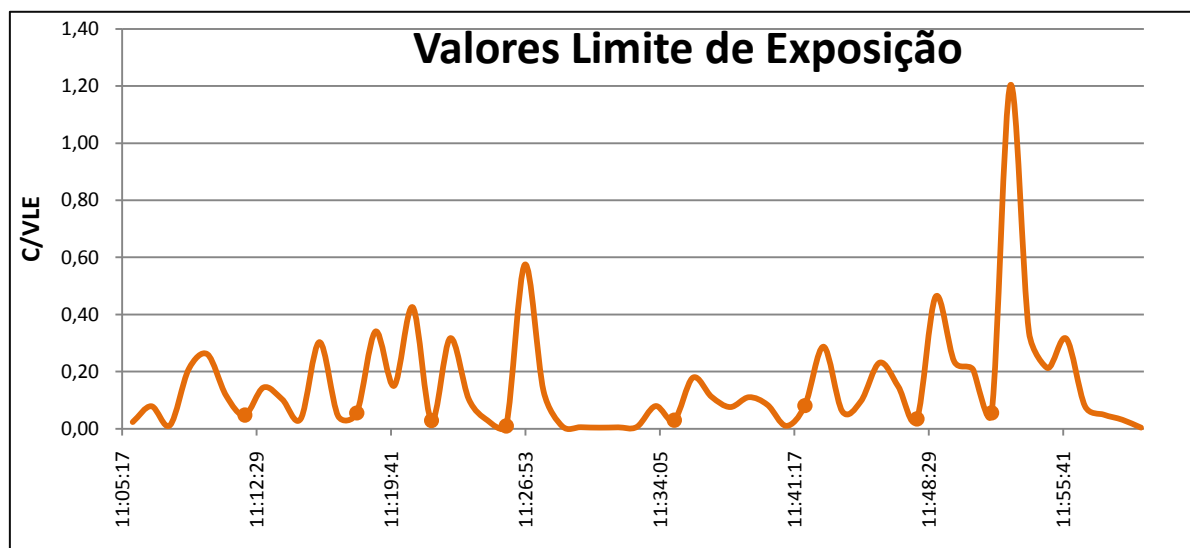


Figura 14: Valores de poeiras verificados para a Mina A- dia 18 de Junho de 2008 da parte da manhã

Da análise dos dados obtidos, observam-se vários picos de valores que chegam a ultrapassar o VLE em 1,2 vezes

Figura 14 o período da manhã e cerca de 3 vezes no período da tarde (Figura 15).

Os momentos de descarga estão assinalados nas

Figura 14 e 15 com um ponto. Os picos verificados são consequência, na sua maioria, das descargas efectuadas na torva. No entanto, há vários outros factores que podem alterar a concentração de poeiras e fazer oscilar o valor das concentrações, uma vez que os resultados apresentados não são lineares nem apresentam o mesmo comportamento.

Como possível causa para este comportamento poderá ser apontada a variação no volume e distribuição granulométrica das cargas, uma vez que o camião não vem da mina carregado sempre da mesma forma.

Um outro factor relevante é o nível de enchimento da torva, se esta estiver vazia no momento de descarga a produção de poeira é maior do que se a torva já tiver material resultante da descarga anterior.

A existência ou não de encravamentos entre descargas, poderá ser um factor que influencia a produção de poeiras, uma vez que faz variar o ciclo de descargas.

A direcção do vento é outro factor de extrema importância, já que altera o deslocamento da massa de poeira no ar em diferentes direcções e, assim, influencia os valores registados.

Verifica-se ainda na Figura 14 que, poucos minutos após as descargas (2 a 4), há uma diminuição dos valores, mas, muitas vezes, não a suficiente para retomar os valores iniciais. Isto dever-se-á ao facto de, após a descarga, o alimentador registar ciclos de funcionamento e paragem, o que também vai provocar ciclos de aumento e diminuição da concentração de poeiras.

O próprio ritmo e variação dos tempos nas várias fases de cada ciclo de descargas também influencia os valores obtidos. Conforme se pode observar na Figura 15 as descargas não se dão com os mesmos intervalos de tempo. Os tempos das várias fases dos ciclos de carga e descarga também não são iguais de ciclo para ciclo, ora por questão de encravamentos no britador que introduz tempo de espera entre descargas, ou por variação no tempo de manobra ou pela demora na carga do camião na zona de desmonte.

Considera-se que, no período da manhã, há uma prevalência de valores de concentração mais baixos que no período da tarde, o que nos leva a considerar que a temperatura e o tempo de secagem do material e do terreno têm influência nos valores verificados, como seria de esperar Figura 15.

Verificou-se ainda que não havia, nesta exploração, máscaras de protecção e, dadas as características da cabine, a qual não era, de todo, confortável, o trabalhador saía para o exterior, expondo-se a níveis de poeiras elevados.

Nesta exploração, é importante adoptar medidas preventivas para este problema, nomeadamente a molhagem do material proveniente da mina, da mesma forma que é comum a rega das vias de circulação.

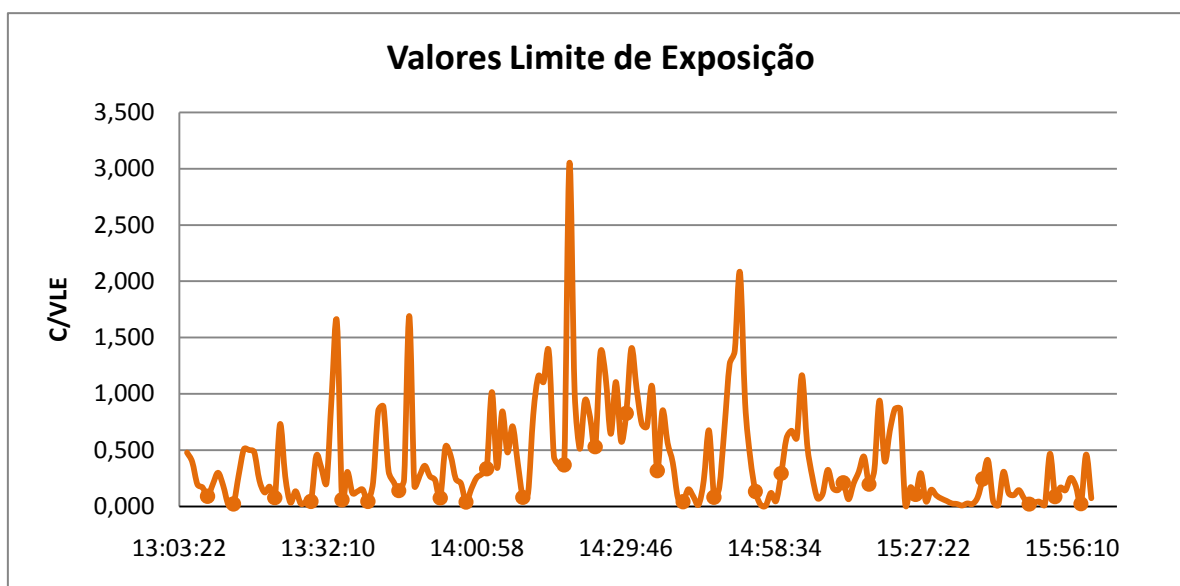


Figura 15 : Valores de poeiras verificados para a Mina A- dia 18 de Junho de 2008 da parte da tarde

Como já foi referido, o período da tarde é sempre o mais crítico em termos de poeiras. Considera-se que, durante toda a manhã, o material tem tendência a secar de alguma humidade absorvida ao longo da noite e que chegado ao período da tarde já esteja completamente seco e, por isso, seja mais fácil a formação de poeiras.

Outros factores que poderão ser significativos para avaliação desta variável são a velocidade do ar e a direcção do vento, verificadas em algumas situações pontuais nas medições, e que, pela observação durante os períodos de medição e confirmado nos valores registados, se considerou fundamental. No entanto não nos foi possível confirmar esta suspeita por falta de equipamento que nos medisse a direcção do vento. Este factor terá de ser considerado em futuros trabalhos.

5.1.3 Ambiente térmico

Conforme já foi referido, para a avaliação do ambiente térmico, podem utilizar-se vários índices, sendo os mais utilizados os seguintes:

- Temperatura efectiva (TE);
- Temperatura efectiva corrigida (TEC);
- Índice PMV (Voto Médio Previsível ou *Predicted Mean Vote*), PPD (Percentagem Previsível de insatisfeitos);

- Índice WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature* ou, traduzindo, Índice de Temperatura Húmida de Globo);
- Índice de sudção necessária.

A determinação do índice WBGT, de acordo com a norma ISO 7243 (*Hot Environments – Estimation of the heat stress on working man, based on WBGT*), permite obter um valor do stresse térmico a que um trabalhador está sujeito no momento em que a medição está a ser efectuada. A avaliação do WBGT, segundo a norma atrás referida, pode ser feita tendo em atenção a quantidade de calor produzida pelo corpo da pessoa exposta ao calor, ou seja, o metabolismo energético.

O valor de referência para o WBGT em função do metabolismo energético é dado pela Tabela 11.

Tabela 11: Valores de referência para o WBGT segundo a Norma ISO 7243

Classe Ritmo Metabólico	Ritmo Metabólico <i>M</i>		Valores de Referência do WBGT			
	Relacionado com a área superficial de pele W/m^2	Total (para uma área de superfície corporal média de $1,8m^2$) W	Pessoa aclimatizada ao calor °C		Pessoa não aclimatizada ao calor °C	
0 (descanso)	$M < 65$	$M < 117$	33		32	
1	$65 < M < 130$	$117 < M < 234$	30		29	
2	$130 < M < 200$	$234 < M < 360$	28		26	
3	$200 < M < 260$	$360 < M < 468$	Movimento do ar imperceptível 25	Movimento do ar perceptível 26	Movimento do ar imperceptível 22	Movimento do ar perceptível 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

Nota: Os valores dados foram estabelecidos para uma temperatura rectal máxima de 38°C

No caso da mina A, para o dia escolhido registaram-se índices de WBGT de 22° C como valor máximo, Figura 16. Comparando estes dados com a Tabela 11, considerando que o trabalhador está aclimatado e para um ritmo metabólico de 3, o valor de referência do WBGT é de 26°, e que, para este caso, os valores se encontram longe dos valores de referência do WBGT.

No entanto, os valores expostos na Figura 16 não são representativos da realidade local, uma vez que os valores de referência do WBGT foram, em outros registos, ultrapassados, tendo-se verificado em alguns dos dias de medição, valores de WBGT de 28,5°C (Figura 17). Considera-se, portanto, que estamos perante uma situação de stresse térmico, em que é necessária intervenção.

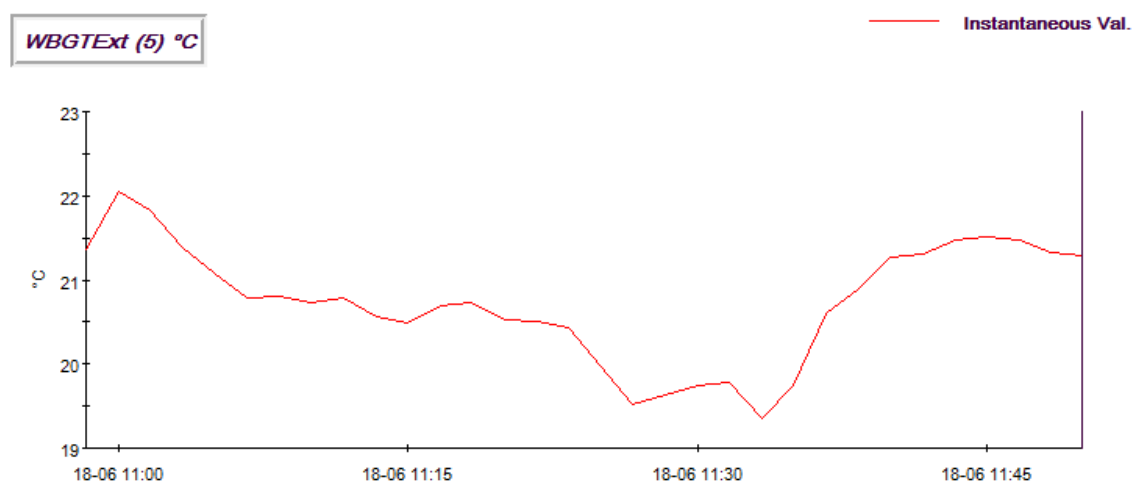


Figura 16: WBGT verificado para a Mina A- dia 18 de Junho - parte da manhã

Os valores mais elevados registaram-se no período da tarde, em que as temperaturas atingiram, por vezes, os 32°C.

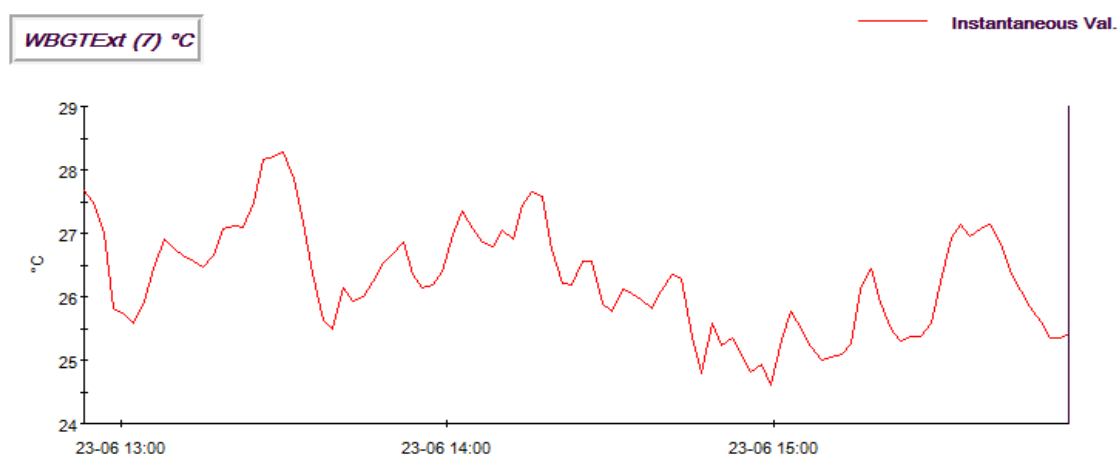


Figura 17: WBGT verificado para a Mina A- dia 23 de Junho - parte da tarde

Um outro parâmetro importante referir é a velocidade do ar que, por vezes, atinge valores acima de 1,5 m/s (Figura 18) chegando em outros registos aos 2m/s, o que é bastante elevado e que pode influenciar, nomeadamente, os valores de temperatura e, em função disso, o WBGT. Pensa-se também que a velocidade do ar poderá ter influência sobre os valores registados para as poeiras.

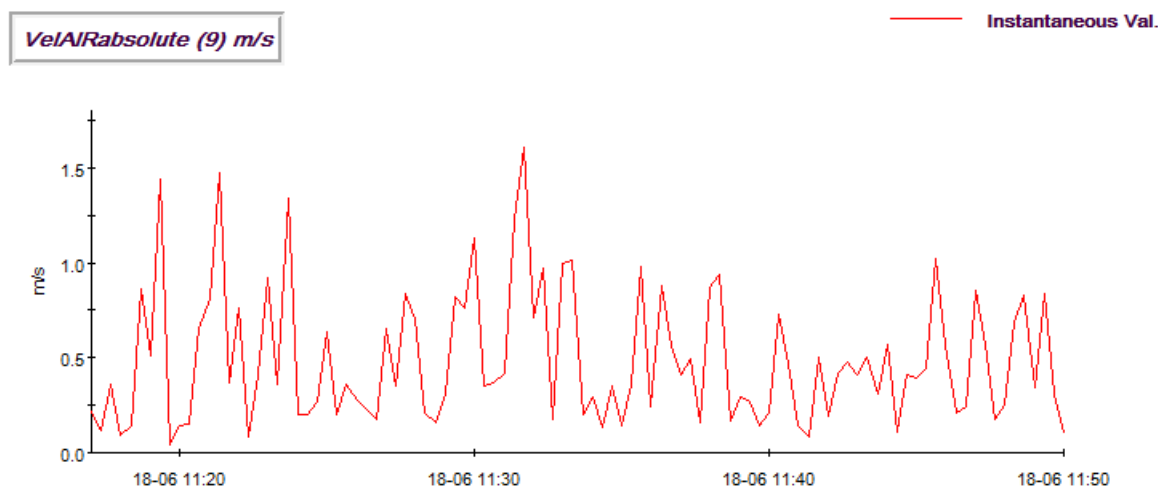


Figura 18: Velocidade do ar para a Mina A- período da manhã

5.1.4 Comparação entre as variáveis

Para verificar a existência de eventuais relações entre as variáveis medidas, foram sobrepostos os dados, para as diferentes situações.

Devido a alguns problemas com os equipamentos de medição, nem sempre foi possível obter resultados de todas as variáveis no mesmo período de tempo, o que dificultou bastante, toda esta componente do trabalho.

Analisando a Figura 19 pode observar-se, como seria de esperar, que os valores da temperatura e do WBGT têm comportamentos paralelos ao longo de todo o período de medição.

Relativamente às poeiras e à velocidade do ar, suspeita-se de uma relação directa, já que a tendência é para ambas variarem no mesmo sentido, contudo, este facto só acontece, como foi verificado pela experiência de campo, quando o sentido da corrente de ar aponta na direcção dos equipamentos de medição. Se estiver em sentido contrário, há uma tendência para que o registo de poeiras diminua, o que, muitas vezes, justifica os vários picos de valores. Este facto deverá ser comprovado futuramente com medições simultâneas da direcção e intensidade do vento.

No exemplo em análise não é claro se a redução do nível de poeiras na zona sombreada da Figura 19 se fica a dever fundamentalmente a uma descida da velocidade do ar ou à inexistência de descargas nesse período devido a um encravamento do britador, o que

também pode ter contribuído para essa redução do nível de poeiras. Pode-se ainda considerar que o efeito é devido a uma confluência de factores em que o próprio abaixamento da temperatura teve influência nesse comportamento.

Todas estas hipóteses suscitam a necessidade de um aprofundamento da investigação nesta área.

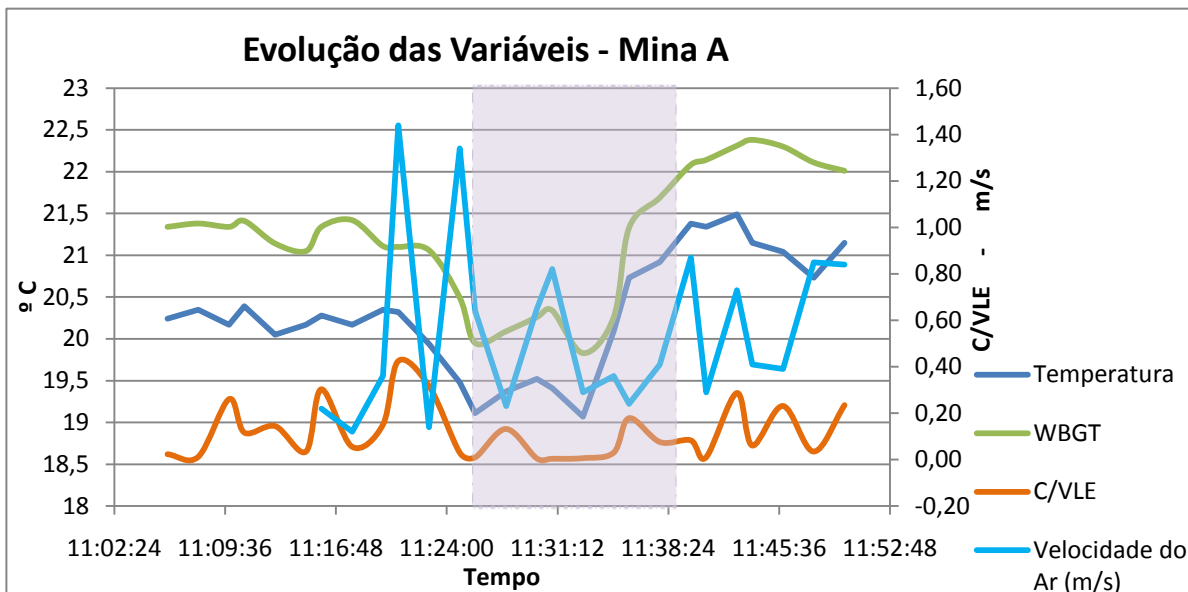


Figura 19: Comparação entre as variáveis – Mina A- dia 18 de Junho, período da manhã

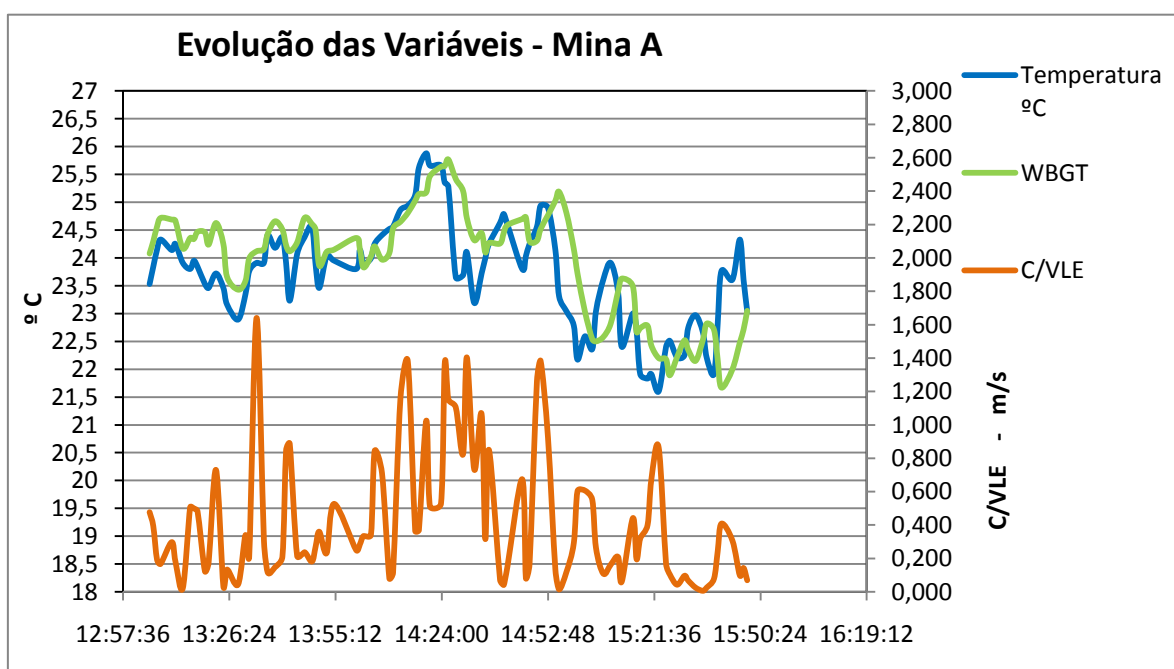


Figura 20: Comparação entre as variáveis – Mina A- dia 18 de Junho, período da tarde

No período da tarde, verifica-se um aumento dos valores para todas as variáveis à excepção da velocidade do ar, da qual não foi possível obter dados representativos, Figura 20.

Quanto ao WBGT, aproxima-se da zona limite de conforto térmico, com uma temperatura de, aproximadamente, 26°C.

Relativamente às poeiras, verifica-se que, no período da tarde, em dias de verão amenos, como é o caso, há tendência para que as concentrações de poeiras sejam mais elevadas, uma vez que o material já está seco de qualquer humidade nocturna. Pensa-se que a adopção de sistemas de “rega” antes de o camião descarregar na torva irá diminuir drasticamente a produção de poeiras, à semelhança do que acontece quando se efectua a “rega” das vias de circulação já comuns neste tipo de explorações e que diminuem drasticamente as poeiras em suspensão nesses locais.

5.2 PEDREIRA B – MEDIÇÃO DE INTERIOR

5.2.1 Ruído

Analisando os resultados apresentados na Tabela 12 e comparando-os com os da Tabela 2, verifica-se que o nível de ruído se encontra, tal como no exemplo anterior, entre os valores limite, definidos na Tabela 2 como de risco intermédio. Nestes aconselha-se a utilização de protecção auditiva por parte do trabalhador exposto e uma verificação mínima anual dos níveis de ruído.

Tabela 12 : Níveis de Ruído – Pedreira B para o período da manhã do dia 18 de Março de 2009

Frequências	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _{Aeq,f,Tk} (espectro de ruído k)	88,50	73,60	72,10	69,70	65,00	62,00	58,90	
Ponderação A	-26,00	-16,00	-9,00	-3,00	0,00	1,00	1,00	-1,00
L _{Aeq,f,Tk} (espectro ponderado A)	62,50	57,60	63,10	66,70	65,00	63,00	59,90	-1,00
Atenuações protector ouvido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão do protector	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Margem de segurança	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Leqn (níveis globais por banda de oitava)	64,50	59,60	65,10	68,70	67,00	65,00	61,90	1,00
L_{Aeq T}	64,50	59,60	65,10	68,70	67,00	65,00	61,90	1,00
								73,82
								L_{Aeq T} = 86,05

Pela análise do local de trabalho, constatou-se que o ruído existente é predominantemente originado por um equipamento de ar condicionado instalado dentro da cabine do trabalhador. Apesar de estar na zona eléctrica, que está separada da parte onde o trabalhador se encontrava por uma porta de acesso, a intensidade do ruído diminuía significativamente quando se fechava essa porta. Ela era, no entanto, mantida aberta por uma questão de conforto térmico. Era mais fácil, para o trabalhador, suportar o ruído do que as temperaturas elevadas.

O valor mais elevado registado para o interior da cabine da pedreira B foi o representado pela Tabela 12 (verificado uma única vez). As restantes medições revelaram níveis de ruído de 68 dB(A) (valor mais baixo), 76 e 77 dB(A), que comparando pela Tabela 2 estão inseridos no nível de risco reduzido. Há aqui lugar para uma análise destas variações, através de um registo contínuo dos valores do ruído.

Mesmo assim, e de forma a otimizar as condições, sugeriu-se que fosse colocada uma grelha de ventilação de forma a minimizar o ruído quando a porta para a zona eléctrica estava aberta e assim conseguia-se refrigerar os dois locais.

5.2.2 Poeiras

Pela análise dos dados obtidos para esta exploração, verifica-se que, relativamente às poeiras, há valores acima do valor limite de exposição recomendado para este tipo de partículas.



Figura 21: Valores de poeiras verificados para a Pedreira B- dia 18 de Março de 2009 da parte da tarde

Como se pode observar na Figura 21, há uma grande prevalência de valores muito baixos, ou seja, os níveis de poeiras não são significativos se a porta da cabine estiver completamente fechada. Os picos verificados devem-se às vezes que o trabalhador teve de sair para verificar algum encravamento ou situação que não conseguia resolver através dos comandos electrónicos. Nesta exploração, quando isso se verificava, o trabalhador equipava-se com protectores auditivos, máscara e capacete.

O valor de C/VLE mais alto registado na totalidade das medições no interior da cabine neste local de trabalho, foi de 0,14 o que não é relevante em termos de exposição.

5.2.3 Ambiente térmico

No caso do interior da cabine da pedreira B, para os dias escolhidos, registaram-se índices de WBGT de 25° C e 26° como valor máximo, Figura 22 e Figura 23. Comparando estes dados com a Tabela 11, considerando que o trabalhador está aclimatado e para um ritmo metabólico de 3, o valor de referência do WBGT é de 26° o que para este caso os valores se encontram longe dos valores de referência do WBGT.

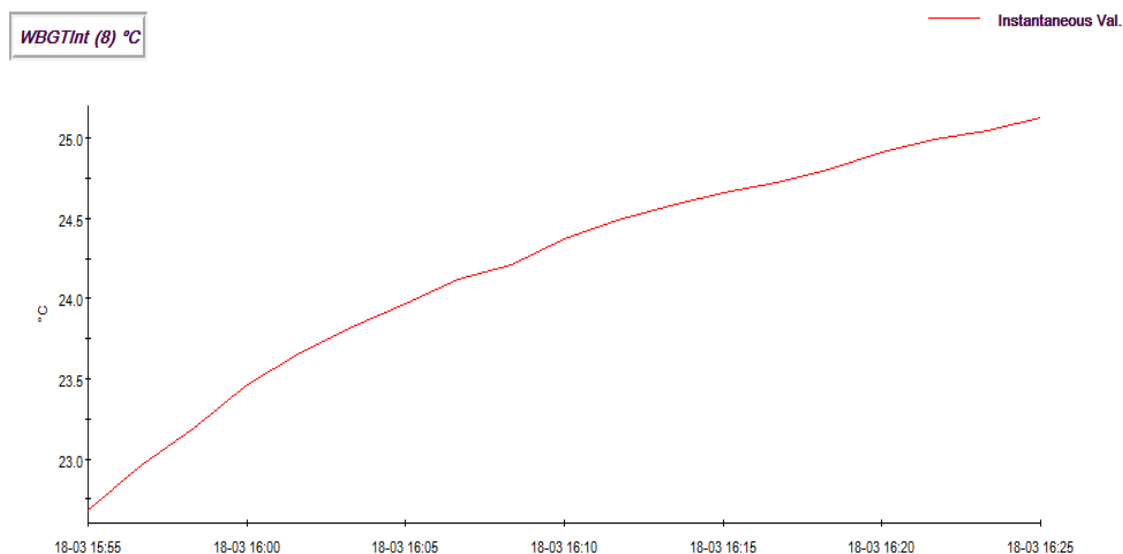


Figura 22: WBGT verificado para a Pedreira B- dia 18 de Março de 2009 - parte da Tarde

No entanto é importante referir o comportamento deste índice, já que a cabine do trabalhador, aparentemente, tinha boas condições de isolamento e era climatizada.

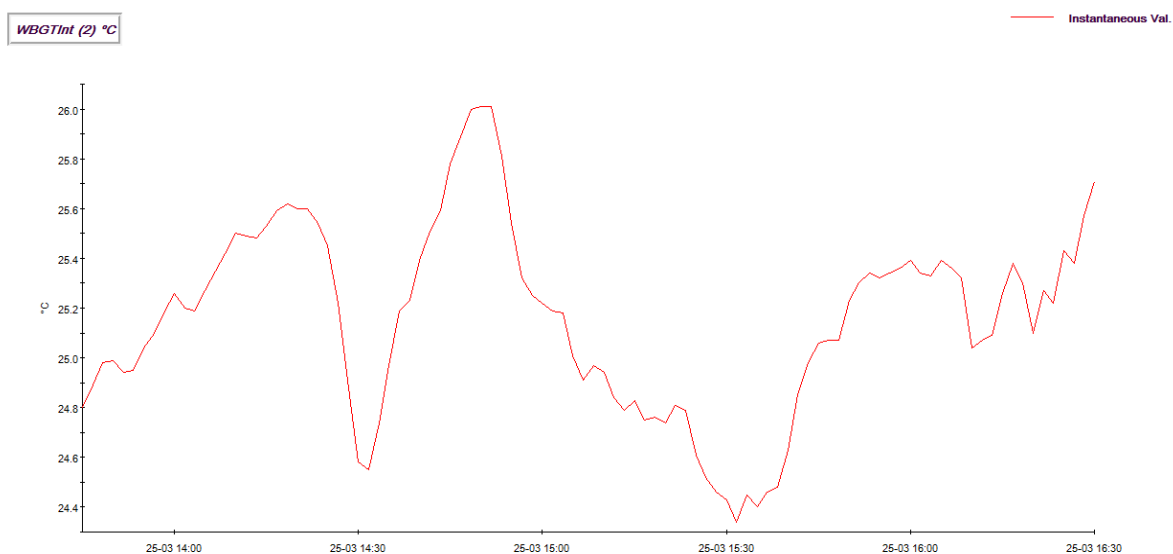


Figura 23: WBGT verificado para a Pedreira B- dia 25 de Março de 2009 - parte da Tarde

Se no exemplo representado na Figura 22 as condições medidas eram as reais, ou seja, à medida que o tempo passava e com o ar condicionado desligado o valor da temperatura e o WBGT foram aumentando ao longo do tempo, no exemplo da Figura 23, tentou-se manipular um pouco as condições de forma a registar a variação de comportamento destes índices.

Nestas condições, verificou-se que, sempre que se desligava o ar condicionado ou se fechava a porta de acesso à parte eléctrica, os valores de temperatura e WBGT subiam, atingindo quase o valor de referência. Em seguida, se era ligado o ar ou aberta a porta e os valores automaticamente iam descendo até registarmos uma ligeira sensação de frio.

Verificou-se, tal como para o ruído, necessidade de ter a porta fechada, até como medida de protecção para os riscos eléctricos, mas sugeriu-se a colocação de uma grelha de ventilação que permitiria manter a climatização do ambiente. Os valores mais altos registados nesta cabine foram de 28°C e deveu-se unicamente a factores experimentais, como já foi referido.

5.2.4 Comparação entre as variáveis

De forma a verificar a existência de relações entre as variáveis medidas, foram sobrepostos os dados para as diferentes situações.

Devido a alguns problemas com os equipamentos de medição, nem sempre foi possível obter resultados de todas as variáveis no mesmo período de tempo, o que dificultou bastante todo o restante trabalho.

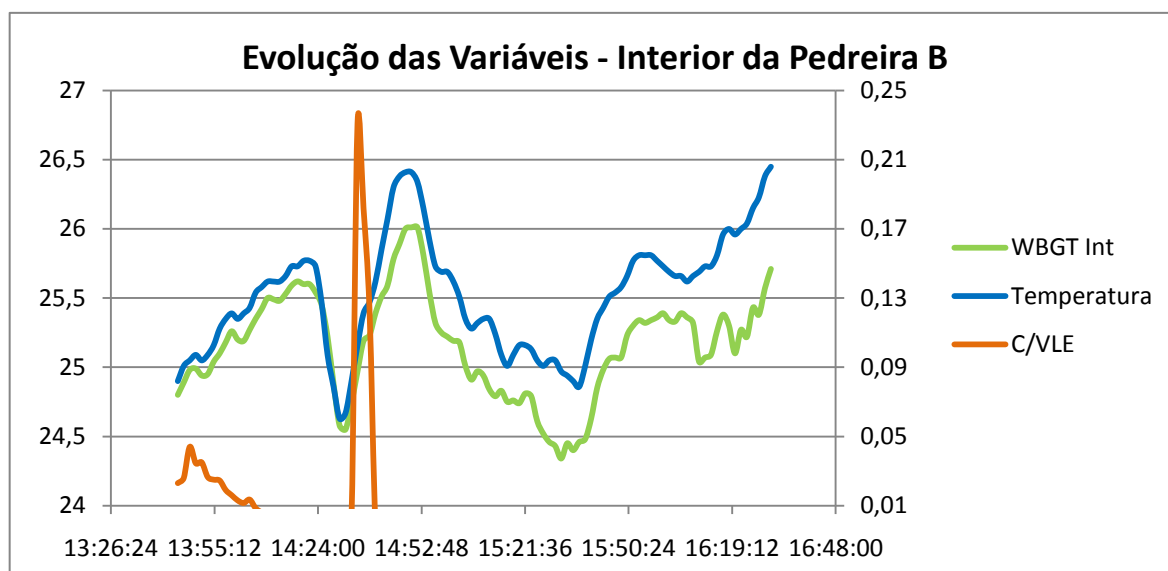


Figura 24: Comparação entre as variáveis - interior da Pedreira B- dia 25 de Março, período da tarde

Analisando a Figura 24, pode observar-se, como seria de esperar, que a temperatura tem comportamentos paralelos ao longo de todo o período de medição, com o Índice WBGT.

Relativamente às poeiras e à velocidade do ar, neste caso, não faz sentido a sua comparação, já que estamos dentro de uma cabine completamente isolada em que os parâmetros podem, perfeitamente ser controlados. O ambiente térmico pode ser ajustado, fazendo alterar a temperatura e velocidade do ar emitida pelo ar condicionado. As poeiras podem ser controladas com dispositivos de isolamento nas portas, janelas e juntas, da mesma forma se pode actuar sobre o ruído.

Verificou-se, neste caso, que a cabine do trabalhador estava bem posicionada, numa estrutura diferente da estrutura do alimentador e britador e era completamente isolada. O trabalhador conseguia controlar o funcionamento de toda a central através do painel automatizado e só saía quando não conseguia dentro da cabine, através da manipulação dos comandos, resolver problema.

5.3 PEDREIRA B – MEDIÇÃO DE EXTERIOR

5.3.1 Ruído

Verificando os resultados representados nas Tabela 13 e comparando, tal como nos casos anteriores, com a Tabela 2, verifica-se que o nível de ruído se encontra entre os valores limites definidos nesta última tabela como de risco elevado, pelo que é aconselhável a tomada de medidas imediatas de redução do risco e a utilização de protecção auditiva por parte do trabalhador.

Tabela 13: Níveis de Ruído – Pedreira B para o período da manhã do dia 27 de Março de 2009

Frequências	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Aeq,f,Tk}$ (espectro de ruído k)	99,60	102,20	101,10	99,10	96,20	93,00	86,50	80,10	
Ponderação A	-26,00	-16,00	-9,00	-3,00	0,00	1,00	1,00	-1,00	
$L_{Aeq,f,Tk}$ (espectro ponderado A)	73,60	86,20	92,10	96,10	96,20	94,00	87,50	79,10	
Atenuações protector ouvido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Desvio padrão do protector	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Margem de segurança	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
$Leqn$ (níveis globais por banda de oitava)	75,60	88,20	94,10	98,10	98,20	96,00	89,50	81,10	
$L_{Aeq,T}$	75,60	88,20	94,10	98,10	98,20	96,00	89,50	81,10	103,29
									$L_{Aeq,T}=103,29$

Apesar dos valores elevados de ruído registados no exterior serem todos na ordem dos 90 a 103 dB(A), à excepção de um ou outro caso em que o britador encravava e em que os valores desciam para os 70 dB(A), temos que considerar que, dada a colocação dos equipamentos face ao alimentador e britador, o ruído não é excessivo. Além desse factor, o trabalhador só se encontrava neste local em caso de encravamento não resolúvel de dentro da cabine e, quando isso acontecia, o britador e alimentador estavam parados, logo os níveis de ruído passavam para os 70 dB(A).

5.3.2 Poeiras

Pela análise dos dados obtidos para esta exploração, verifica-se que, apesar de ser uma mediação de exterior e os equipamentos estarem posicionados mesmo ao lado do alimentador (Figura 12), e do britador, o valor máximo obtido em todas as medições foi de 0,5 ou seja, metade do valor limite de exposição, o que, para estas condições, não é significativo.

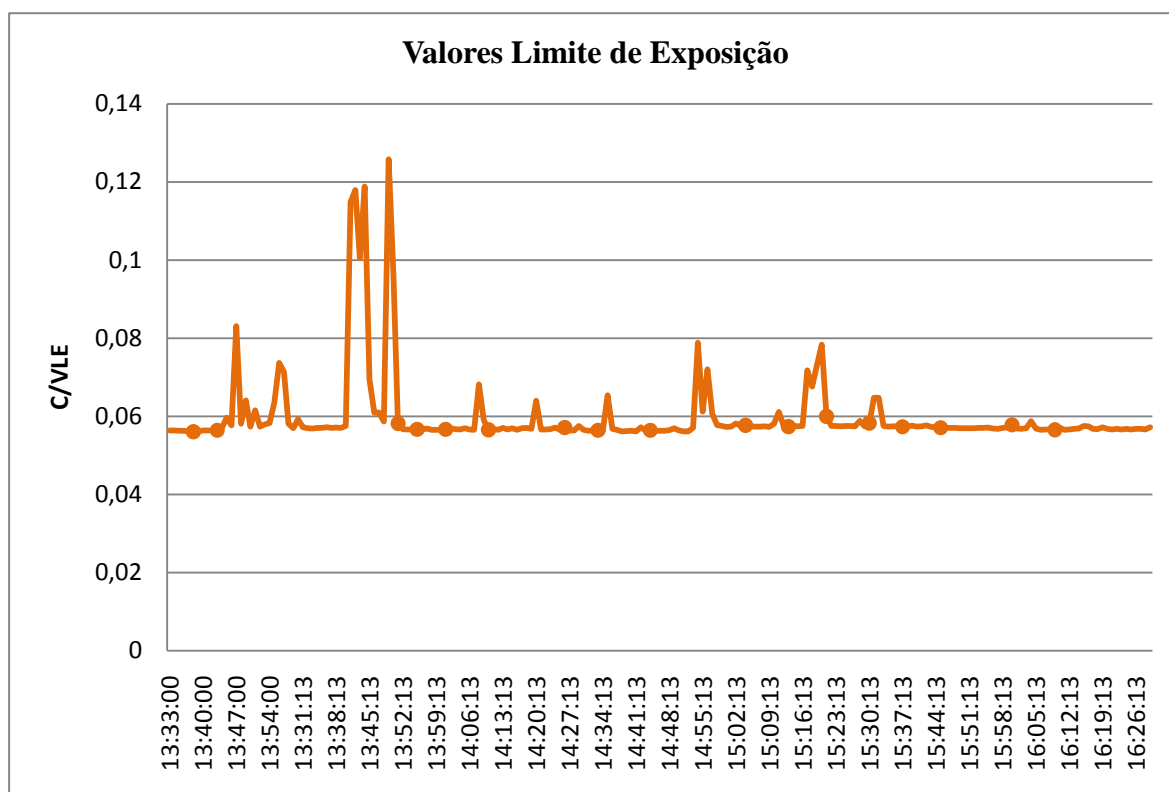


Figura 25: Valores de poeiras verificados para a Pedreira B- dia 20 de Abril de 2009 da parte da tarde

As condições verificadas no local contrastam com as da Mina A, uma vez que dentro da torva o material era regado continuamente, o que permitia a diminuição da propagação de poeiras.

Um outro factor que pode ser significativo do ponto de vista da análise dos resultados, é que a boca da torva está posicionada a um nível superior, só a parte de cima é aberta, as restantes estão isoladas com chapas metálicas, o que faz com que a nuvem de poeiras proveniente da descarga nunca chegue a atingir a zona de segurança e a cabine do trabalhador.

5.3.3 Ambiente térmico

No caso do exterior da cabine da pedreira B, para os dias escolhidos, registaram-se índices de WBGT de 16° C a 20° como valor máximo (Figura 26). Comparando estes dados com a Tabela 11, considerando que o trabalhador está aclimatado e para um ritmo metabólico de 3, o valor de referência do WBGT é de 26°, o que para este caso, os valores encontram-se longe dos valores de referência do WBGT.

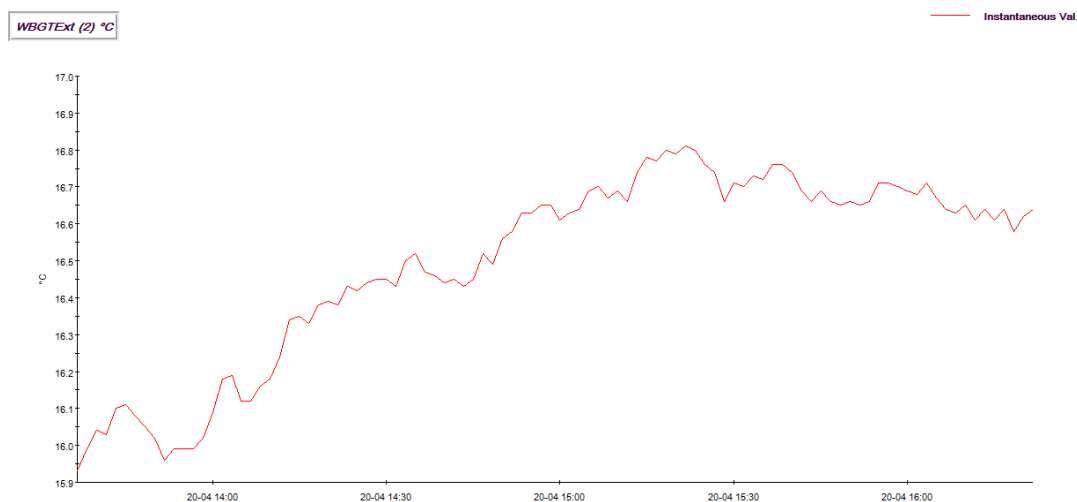


Figura 26: WBGT verificado para a Pedreira B- dia 20 de Abril de 2009 - parte da Tarde

Estes valores podem dever-se ao facto de os equipamentos estarem colocados numa zona de sombra, onde a velocidade do ar é em muitas vezes superior a 0,5 m/s, o que pode explicar estes valores relativamente baixos.

No entanto, não existe qualquer tipo de risco para o trabalhador, uma vez que esta zona é unicamente de passagem entre a cabine e a zona da boca do britador e de segurança no caso de algum camião estar a descarregar na altura em que o trabalhador se encontra junto a boca do britador. Os tempos de permanência do trabalhador neste local são relativamente reduzidos.

5.3.4 Comparação entre as variáveis

Não foram encontradas relações significativas entre nenhuma das variáveis consideradas neste estudo.

5.4 PEDREIRA C – MEDIÇÃO DE INTERIOR

5.4.1 Ruído

Verificando os resultados representados nas Tabela 14 e comparando com a Tabela 2, verifica-se que o nível de ruído se encontra entre os valores limites definidos nesta última como de risco intermédio.

Tabela 14: Níveis de Ruído – Pedreira C para o período da manhã do dia 7 de Maio de 2009

Tabela 14: Níveis de Ruído – Pedreira C para o período da manhã do dia 7 de Maio de 2007									
Frequências	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L _{Aeq,f,Tk} (espectro de ruído k)	92,4	92,4	82	77,8	70,6	67,7	---,-	0	
Ponderação A	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
L _{Aeq,f,Tk} (espectro ponderado A)	66,4	76,4	73	74,8	70,6	68,7	1	-1	
Atenuações protector ouvido	0	0	0	0	0	0	0	0	
Desvio padrão do protector	0	0	0	0	0	0	0	0	
Margem de segurança	2	2	2	2	2	2	2	2	
Leqn (níveis globais por banda de oitava)	68,4	78,4	75	76,8	72,6	70,7	3	1	
L_{aeq} T	68,4	78,4	75	76,8	72,6	70,7	3	1	82,68
									L _{aeq} , Tk =86,05

Verificou-se que o ruído existente é predominantemente do ar condicionado da cabine do trabalhador e do funcionamento do alimentador, dada a posição da mesma. Mesmo assim, o valor mais elevado registado para o interior da cabine da pedreira C foi 82 dB(A). As restantes medições revelaram níveis de ruído de 43 dB(A) (valor mais baixo verificado

num momento em que o britador estava encravado), 74 e 76 dB(A), que pela Tabela 2, estão inseridos no nível de risco reduzido.

5.4.2 Poeiras

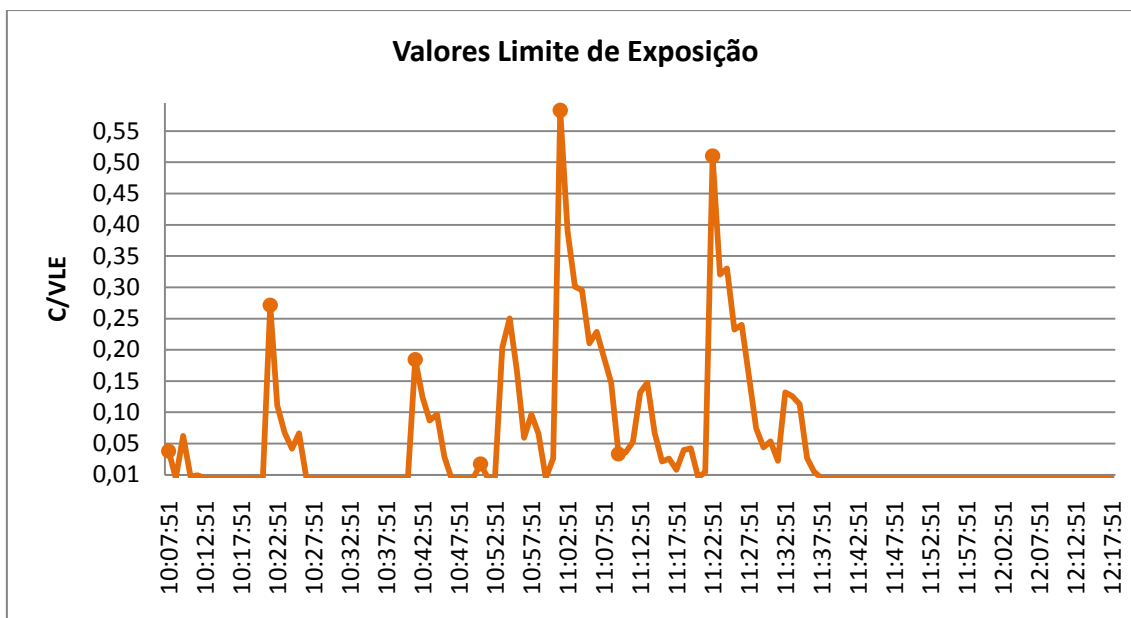


Figura 27: Valores de poeiras verificados para a Pedreira C- dia 5 de Maio de 2009 da parte da manhã

Como se pode observar através da Figura 27, há uma grande prevalência de valores muito reduzidos. Os níveis de poeiras não ultrapassam o valor limite de exposição se a porta da cabine estiver completamente fechada. No entanto, é importante fazer a ressalva que nesta exploração os comandos de controlo do alimentador e britador estavam no exterior da cabine, por isso estes dados foram simulados de forma a representar o que seria normal neste caso, que era o trabalhador estar dentro da cabine e só sair em caso de encravamento. Assim sendo, os picos verificados devem-se às vezes que o trabalhador teve de sair para verificar algum encravamento ou situação que não conseguia resolver através dos comandos electrónicos no interior da cabine. O valor de C/VLE mais alto registado na totalidade dos dias registados no interior da cabine, foi de 0,16 o que não é significativo.

5.4.3 Ambiente térmico

No interior da cabine da pedreira C, para os dias escolhidos, registaram-se índices de WBGT de 24° C a 25° como valor máximo (Figura 28). Comparando estes dados com a

Tabela 11, considerando que o trabalhador está aclimatado e para um ritmo metabólico de 3, o valor de referência do WBGT é de 26°. Para este caso, os valores se encontram no limiar do valor de referência.

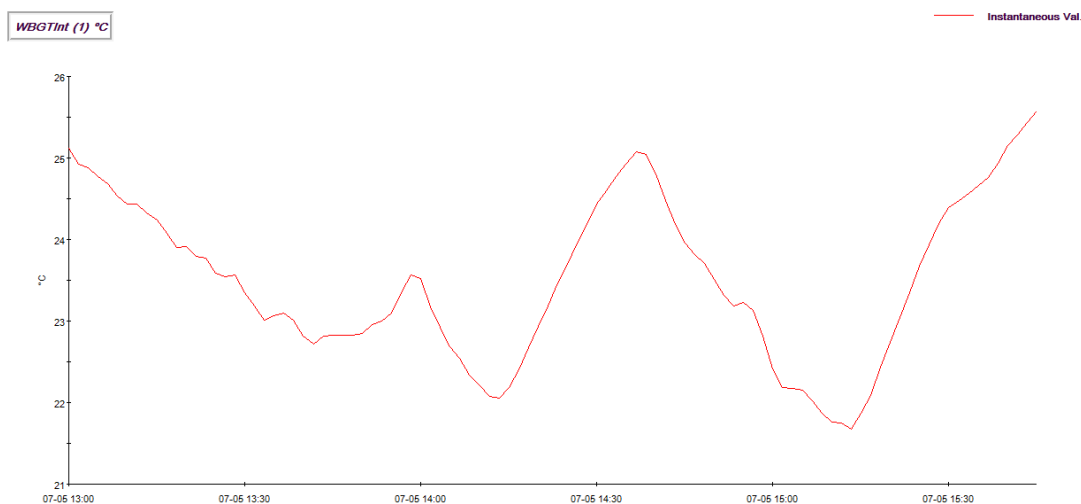


Figura 28: WBGT verificado para a Pedreira C- dia 7 de Maio de 2009 - parte da tarde

No entanto, como foi referido, estes foram os valores máximos registados. Na realidade, o WBGT oscilava entre os 20°C e os 25°C. É, no entanto, importante referir que a cabine do trabalhador era climatizada, o que permitia jogar um pouco com o desligar e ligar o ar condicionado, o que, graficamente, pode ser observado através das oscilações do gráfico da Figura 28.

5.4.4 Comparação entre as variáveis

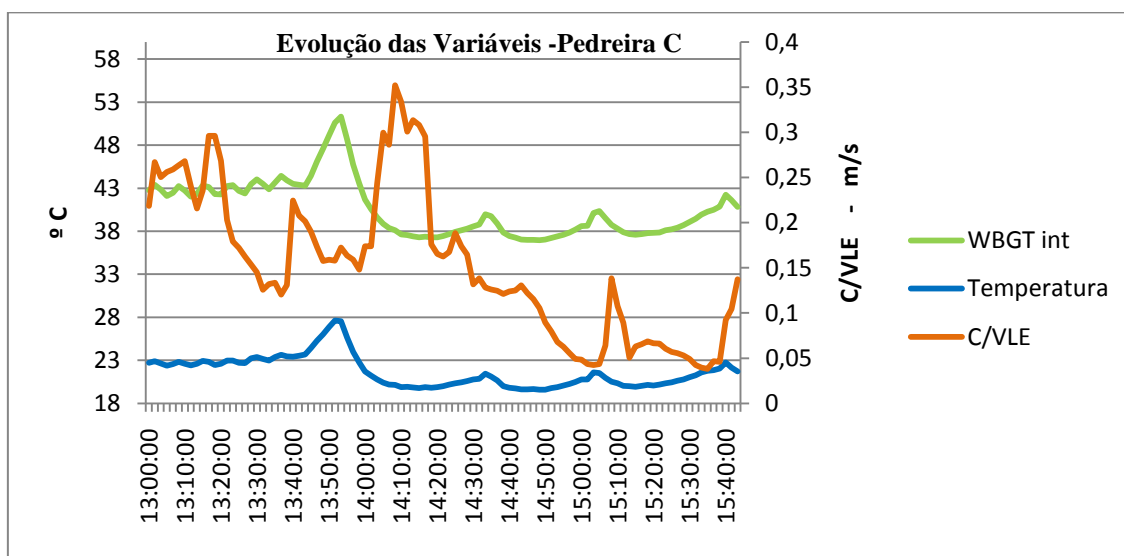


Figura 29: Comparação entre as variáveis para o interior da cabine da pedreira C- 6 de Maio de 2009- parte da manhã

Analisando a Figura 29 pode observar-se, como seria de esperar, que a temperatura tem comportamentos paralelos, ao longo de todo o período de medição, com o do Índice WBGT.

Relativamente às poeiras e à velocidade do ar, faz sentido a sua comparação, já que a deslocação do ar pode ser provocada pelo ar condicionado, ou até mesmo com a abertura e fecho da porta. O ambiente térmico pode ser ajustado, fazendo alterar a temperatura e velocidade do ar emitida pelo ar condicionado. As poeiras podem ser controladas com dispositivos de isolamento nas portas, janelas e juntas., da mesma forma se podendo ajustar o ruído.

Verificou-se, neste caso, que a cabine do trabalhador não estava posicionada da forma mais adequada, uma vez que estava muito próxima da boca da torva, o que se por um lado, permite uma boa a visualização de toda a zona de trabalho, por outro, está muito mais exposta a situações de risco, como projecções de pedras e poeiras decorrentes da descarga dos camiões e níveis de ruído mais elevados, do que se a distância fosse maior.

Há ainda um outro pormenor a destacar que é o facto de os comandos de funcionamento do alimentador e britador se encontrarem fora da cabine, sendo quase obrigatório para o trabalhador estar do lado de fora da cabine, não podendo usufruir das condições de conforto ajustáveis do seu interior.

5.5 PEDREIRA C – MEDIÇÃO DE EXTERIOR

5.5.1 Ruído

Vendo os resultados representados na Tabela 15 e comparando-os com os da Tabela 2, verifica-se que o nível de ruído se encontra entre os valores limites definidos como de risco reduzido

Apesar dos valores reduzidos de ruído registados no exterior, foram registados valores de ruído entre os 74 e os 89 dB(A) este último já classificado como de risco elevado.

Apesar destes resultados, dada a proximidade do sonómetro à fonte sonora, os valores verificados não são preocupantes, mas sim o facto de o trabalhador exposto nem sempre usar a devida protecção.

Tabela 15: Níveis de Ruído – Pedreira C para o período da manhã do dia 26 de Maio de 2009

Frequências	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Aeq,f,Tk}$ (espectro de ruído k)	78,50	75,10	74,80	68,40	66,10	64,70	---,-	---,-
Ponderação A	-26,00	-16,00	-9,00	-3,00	0,00	1,00	1,00	-1,00
$L_{Aeq,f,Tk}$ (espectro ponderado A)	52,50	59,10	65,80	65,40	66,10	65,70	1,00	-1,00
Atenuações protector ouvido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão do protector	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Margem de segurança	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Leq_n (níveis globais por banda de oitava)	54,50	61,10	67,80	67,40	68,10	67,70	3,00	1,00
$L_{Aeq,T}$	54,50	61,10	67,80	67,40	68,10	67,70	3,00	1,00
$L_{Aeq,T}=74,05$								

5.5.2 Poeiras

Pela análise dos dados obtidos para esta exploração verifica-se que, apesar de ser uma medição de exterior e os equipamentos estarem posicionados mesmo ao lado do alimentador e do britador, Figura 12 o valor máximo obtido em todas as medições foi de 0,5, o que, para estas condições, não é significativo.

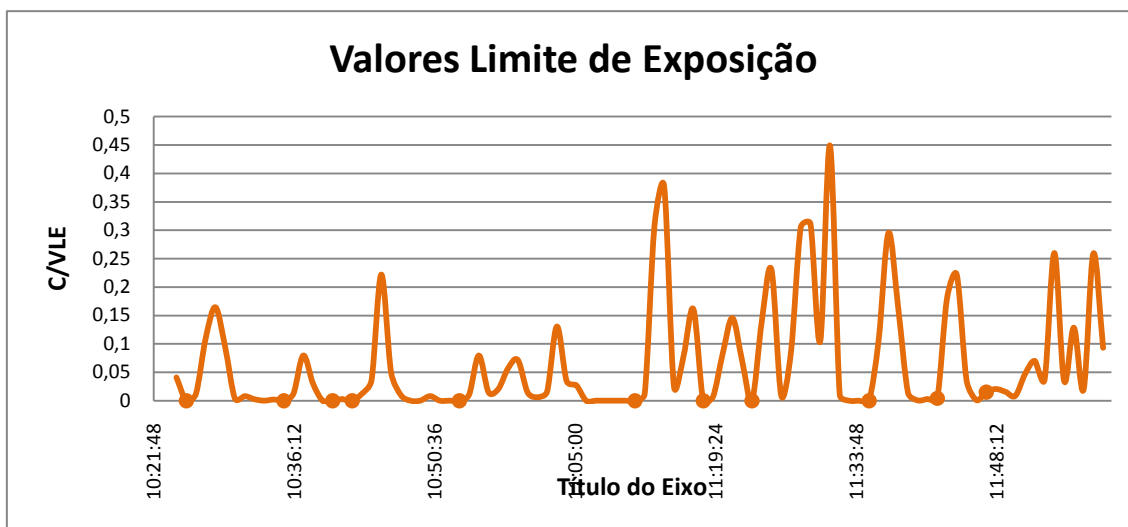


Figura 30: Valores de poeiras verificados para a Pedreira C- dia 21 de Maio de 2009 da parte da manhã

Verifica-se ainda que os picos de valores resultam das descargas e arranque do alimentador.

5.5.3 Ambiente térmico

No caso do exterior da cabine da pedreira C, nos dias escolhidos, registaram-se índices de WBGT de 24° C a 29°, como valor máximo (Figura 31). Comparando estes dados com a Tabela 11, considerando que o trabalhador está aclimatado e para um ritmo metabólico de 3, o valor de referência do WBGT é de 26°. Para este caso, os valores encontram-se próximos dos valores de referência do WBGT, chegando, em dois casos isolados, a ultrapassar este valor e a entrar na zona de stresse térmico.

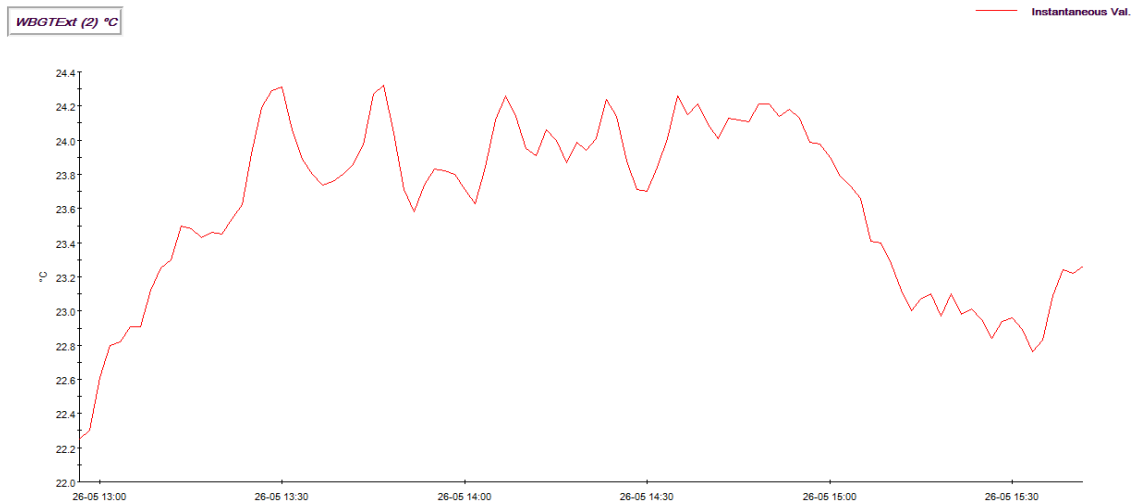


Figura 31: WBGT verificado para a Pedreira C- dia 26 de Maio de 2009 - parte da Tarde

5.5.4 Comparação entre as variáveis

Não foram encontradas relações significativas entre nenhuma das variáveis consideradas neste estudo.

6 CONCLUSÕES

Os objectivos principais desta dissertação passavam pela caracterização dos parâmetros ruído, PM_{10} e ambiente térmico, junto do sistema torva/primário, em três explorações a céu aberto, estabelecer a possível relação entre os três aspectos e a determinação de eventuais relações com os aspectos operacionais.

No que diz respeito ao ruído, verificou-se que a maior parte dos valores obtidos estão classificados como de risco intermédio (Tabela 12) pela referência apresentada no Decreto-lei n.º182/2006, de 6 de Setembro apresentados na Tabela 2, de onde se recomenda a utilização de protectores auditivos, quando o trabalhador se encontra no exterior, bem como uma verificação anual dos níveis de exposição. Verificou-se, que as principais fontes de ruído existente nas explorações são as seguintes:

- momentos de descarga dos dumpers na torva;
- funcionamento do alimentador;
- funcionamento do britador.

No caso particular da pedreira B, no interior da cabine, o ruído existente é predominantemente originado por um equipamento de ar condicionado aí instalado.

Relativamente às PM_{10} , os picos verificados nas três explorações são consequência, na sua maioria, das descargas efectuadas na torva. Há, no entanto, vários outros factores que podem alterar a concentração de PM_{10} e fazer oscilar o valor da sua concentração. Como possíveis causas para este comportamento poderão ser apontados os seguintes:

- a variação no volume e distribuição granulométrica das cargas dos dumpers, estes não vem das zonas de desmonte carregado sempre da mesma forma.
- o nível de enchimento da torva. Se esta estiver vazia no momento de descarga a produção de poeira é maior do que se a torva já tiver material resultante da descarga anterior.
- A existência ou não de encravamentos entre descargas, poderá ser um factor que influencia a produção de poeiras, uma vez, que faz variar o ciclo de descargas.
- A direcção do vento é outro factor de extrema importância, já que altera o deslocamento da massa de poeira em suspensão no ar em diferentes direcções e assim influencia os valores registados. No entanto, não nos foi possível confirmar esta suspeita última hipótese por falta de equipamento que nos indicasse a direcção

do vento. Este factor terá de ser considerado em futuros trabalhos, através da utilização de equipamento adequado.

- O ritmo e variação dos tempos nas várias fases de cada ciclo de descargas também influenciam os valores obtidos. Conforme se pode observar nas figuras 14, 21 e 27, as descargas não se dão com os mesmos intervalos de tempo.
- Os tempos das várias fases dos ciclos de carga e descarga também não são iguais de ciclo para ciclo, ora por questão de encravamentos no britador que introduz tempo de espera entre descargas, ou por variação no tempo de manobra ou pela demora na carga de camião na zona de desmonte.
- Considera-se que, no período da manhã, há uma prevalência de valores de concentração mais baixos que no período da tarde, o que nos leva a considerar que a temperatura e o tempo de secagem do material e do terreno têm influência nos valores verificados, como seria de esperar Figura 15.
- Apesar da prevalência de concentrações pouco acima do valor limite de exposição definido no Decreto-lei n.º 162/90, de 22 de Maio (ver tabela 5), verificaram-se situações, como no caso da Mina A, em que este valor ultrapassava em 3 vezes o valor limite de exposição (ver
- Figura 14e Figura 15). Verificou-se, ainda, que não havia, máscaras de protecção e, dadas as características da cabine, a qual não era, de todo, confortável, o trabalhador saía para o exterior, expondo-se a níveis de poeiras elevados.

Relativamente ao ambiente térmico verifica-se, como seria de esperar, uma grande variabilidade. Houve situações em que os índices de WBGT rondaram os 22°C, Figura 22. Avaliando este valor de acordo com os valores de referência presentes na Tabela 11, considerando que o trabalhador está aclimatado e tem um ritmo metabólico de 3, verificamos que o valor de referência do WBGT é de 26° e, nestas condições, significa que os valores encontram longe dos referidos limites de referência.

No entanto, os valores expostos na Figura 17 não são representativos da realidade de todos os locais, uma vez que os valores de referência do WBGT foram ultrapassados em medições efectuadas no exterior, em outros registos, em todas as explorações. Foram registados em alguns dos dias, valores de WBGT de 28,5°C (ver Figura 17). Considera-se, portanto, que estamos perante uma situação em que o stresse térmico pode ocorrer no

exterior das cabines e em que é de considerar intervenção a esse nível, embora se reconheça a sua dificuldade.

Os valores mais elevados registaram-se nos período da tarde e quando as temperaturas atingiram, por vezes, os 32°C.

Um outro parâmetro importante a referir é a velocidade do ar que, em algumas situações, atinge valores acima de 1,5 m/s (Figura 18) chegando, em outros registos, aos 2m/s, o que é bastante elevado e que pode influenciar, nomeadamente, os valores de temperatura e, em função disso, o WBGT. Pensa-se também que a velocidade do ar poderá ter influência sobre os valores registados para as poeiras.

No que diz respeito aos valores verificados no interior das cabines, no exemplo da Figura 23, tentou-se manipular um pouco as condições de forma a registar a variação de comportamento destes índices.

Nestas condições, verificou-se que, sempre que se desligava o ar condicionado ou se fechava a porta de acesso à parte eléctrica, os valores de temperatura e WBGT subiam, atingindo quase o valor de referência. Se era ligado o ar ou aberta a porta, os valores, automaticamente, iam descendo até registarmos uma ligeira sensação de frio.

Verificou-se, tal como para o ruído, da necessidade de ter a porta fechada, de forma a conseguir controlar o ambiente térmico proporcionado pelo isolamento da cabine e pelo efeito do ar condicionado.

De forma a verificar a existência de eventuais relações entre as variáveis medidas, foram sobrepostos os dados para as diferentes situações.

Devido a alguns problemas com os equipamentos de medição, nem sempre foi possível obter resultados de todas as variáveis no mesmo período de tempo o que dificultou bastante esta componente do trabalho e não nos permitiu atingir completamente o segundo objectivo desta dissertação.

No entanto, é possível estabelecer algumas relações, nomeadamente, no caso das poeiras e velocidade do ar, suspeita-se de uma relação directa entre estes dois factores, verificados por exemplo na Figura 19, já que a tendência é para ambas variarem no mesmo sentido. Contudo este facto só acontece, como foi verificado pela experiencia de campo, quando o sentido da corrente de ar aponta na direcção dos equipamentos de medição. Se estiver em sentido contrário, há uma tendência para que o registo de poeiras diminua, o que muitas

vezes justifica oscilações nos valores registados. Pode-se ainda considerar que o efeito é devido a uma confluência de factores em que a própria descida da temperatura teve influência. Faz-se a ressalva da necessidade destes factores serem comprovados futuramente com medições simultâneas da direcção e intensidade do vento.

No que concerne ao índice WBGT, verifica-se, como seria de esperar, que este tem um comportamento paralelo com a temperatura ao longo de todo o período de medições.

Relativamente ao posicionamento das cabines dos trabalhadores na pedreira B e C e mina A, verificou-se que, apesar de, no primeiro caso, a cabine estar bem posicionada e ter uma estrutura que permite o conforto do trabalhador e a sua segurança, o mesmo não acontece no caso da cabine da pedreira C e cabine da mina A, onde foi verificado que não estavam posicionadas da forma mais adequada devido ao facto de estarem muito próximas da boca da torva. Se, por um lado, este posicionamento permite uma boa visualização de toda a zona de trabalho, por outro está muito mais exposta a situações de risco, como por exemplo projecção de pedras e poeiras decorrentes da descarga dos camiões, de níveis de ruído e vibrações mais elevados, do que se a distância fosse maior.

7 PERSPECTIVAS FUTURAS

Com este trabalho, demonstrou-se a relevância do ruído, PM_{10} e ambiente térmico como factores de risco para a segurança e saúde dos trabalhadores da indústria extractiva. Sendo esta uma indústria de risco elevado e face à diminuta investigação sobre estes temas aplicada especificamente a este sector, torna-se fundamental a continuação da investigação no sentido de melhorar as condições de trabalho nesta indústria.

Como trabalhos futuros desenvolvimentos deste trabalho, destacam-se:

1. Verificação da influência da direcção e intensidade do ar na produção de poeiras.
2. Influência do volume de enchimento da torva, dos encravamentos e desencravamentos do britador na produção de poeiras e ruído.
3. Influência do volume de enchimento dos camiões, como factor relevante na produção de poeiras e ruído em explorações deste tipo.
4. Aferição de um valor limite de exposição definido de forma mais rigorosa, de forma a otimizar os meios de combate às doenças provocadas pela sílica cristalina.
5. Monitorização em contínuo do ruído de forma a permitir um melhor conhecimento da sua evolução ao longo do tempo e as causas dessa variação de modo a poder intervir mais assertivamente.
6. Relativamente ao ambiente térmico, será interessante o estudo da possível adaptação do tipo de vestuário e práticas de trabalho. Neste tipo de tarefas em ambiente não controlado, existe o problema de ambiente térmico quente e ambiente térmico frio.
7. Outra necessidade verificada é a ausência de sensibilização entre os trabalhadores para o tipo de riscos aqui abordados, sendo por isso difícil por parte das equipas de segurança estabelecer novas práticas e processos com vista à melhoria das condições de trabalho. O desenvolvimento de metodologias de formação adequadas é, por isso, um aspecto importante.

8 BIBLIOGRAFIA

Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho, 2005. Prémios de Boas Práticas 2005 – reduzir os riscos decorrentes do ruído no local de trabalho. *Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho*. [Online] 5 de Abril de 2005. [Citação: 2009 de Julho de 1.] G:\Ruído-julho\Prémios de Boas Práticas 2005 – reduzir os riscos decorrentes do ruído no local de trabalho — OSHA — Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho.mht.

Abelenda, Catarina Soares Sousa. 2006. Avaliação e Conforto de Protectores Individuais Auditivos. *Dissertação Departamento Engenharia Humana - Universidade do Minho*. MAIO de 2006.

Abiquim, 1996. Abiquim. *Abiquim - Associação Brasileira da Indústria Química*. [Online] Abiquim, 1996. [Citação: 22 de Dezembro de 2008.] http://www.abiquim.org.br/corantes/cor_historia.asp.

Administração Regional de Saúde do Norte, 2005- Medir para Mudar 2005. *Administração Regional de Saúde do Norte*. [Online] 2005. <http://portal.arsnorte.min-saude.pt/portal/page/portal/ARSNorte/Sa%C3%BAde%20P%C3%BAblica/Planeamento%20em%20Sa%C3%BAde/Medir%20para%20Mudar%202005>.

Akbar-Khanzadeh, Farhang e Brillhart, Randall L. 2001. Respirable Crystalline Silica Dust Exposure During Concrete Finishing (Grinding) Using Hand-held Grinders in the Construction Industry. *British Occupational Hygiene Society*. 2001.

Almeida, S. I. C. de, et al. 2000. História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2000.

Álvares, Emília. 2006. *Doenças Respiratórias - Manual Prático*. s.l. : Lidel, 2006.

AMDE, 2003. Efeitos Nocivos do Ruído. *AMDE: Associação de Municípios do Distrito Évora*. [Online] 2003. http://www.amde.pt/pagegen.asp?SYS_PAGE_ID=452227.

Anderson, Robert S., Thomson, Sandra M. e Jr., Lester L. Gutshall. 1989. Comparative Effects of Inhaled Silica or Synthetic Graphite Dusts on Rat Alveolar Cells. 1989.

Arezes, Pedro e Miguel, Sérgio. 2009. Apontamentos da Disciplina de Seminários de Higiene Ocupacional. *Ruído & Protecção Individual Auditiva*. Feup : s.n., Janeiro de 2009.

Arezes, Pedro M. e Geraldês, Joel. 2009. Assessing Differences in Methodologies for Effective Noise Exposure Calculation. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 2009, Vol. 15, No. 2, 183–191*. 2009.

Arezes, Pedro Miguel Ferreira Martins. 2002. Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído. *Tese submetida à Escola de Engenharia da Universidade do Minho*. Setembro de 2002.

Arezes, Pedro Miguel Martins e Miguel, Alberto Sérgio. 2002. A exposição ocupacional ao ruído em Portugal. *Riscos Ocupacionais*. Janeiro a Junho de 2002, pp. 61 - 69.

Assimagra, 2007. Assimagra. ASSIMAGRA - Associação Portuguesa dos Industriais de Mármore, Granitos e Ramos Afins. [Online] Assimagra, 2007. [Citação: 13 de Dezembro de 2008.] http://www.assimagra.pt/index.php?amg=granito_1.

Attia, M. e Engel, P. 1980. A field study of thermal stress and recovery using thermoregulatory behavioral and physiological indicators . *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 1980.

Autoridade para as Condições de Trabalho, 2009. Acidentes de Trabalho Mortais Objecto de Inquérito. 2009.

Autoridade Para as Condições de Trabalho, 2009. Acidentes de Trabalho Mortais Objecto de Inquérito. 2009.

Barcelos, João, 2008. [Online] 2008. [Citação: 28 de Dezembro de 2008.] http://www.joaobarcelos.com.br/pig_inorg.pdf.

Barros, Elisabet de Azevedo. 1998. Ruídos Ocupacionais ou não, seus efeitos e suas leis . *CENTRO DE ESPECIALIZAÇÃO EM FONOAUDIOLOGIA CLÍNICA* . Rio de Janeiro : s.n., 1998.

Berglund, Birgitta, Lindvall, Thomas e Schwela, Dietrich H. 1999. Guidelines for Community Noise. *World Health Organization* . [Online] 1999. <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>.

- Bon, Ana Maria Tiribicá, 2006.** Exposição Ocupacional à Sílica e Silicose entre Trabalhadores de Marmoraria, no Município de São Paulo. *Tese de Doutorado*. 2006.
- Bondioli, F., Manfredini, T. e Oliveira, A. P. Novaes de. 1998.** Pigmentos Inorgânicos: Projeto, Produção e Aplicação Industrial. *Pigmentos Inorgânicos: Projeto, Produção e Aplicação Industrial*. Modena , Itália : s.n., 1998.
- Brueck, Liz. 2009.** Real world use and performance of hearing protection. *Health and Safety Laboratory*. 2009.
- Buonanno, G., Frattolillo, A. e Vanoli, L. 2000.** Direct and indirect measurement of WBGT index in transversal flow. *Elsevier*. 2000.
- Cadarso, Dr. Francisco. 2008.** Sílica Doença a Prevenir. *CH - Info Tâmega - Sousa*. Outubro de 2008, p. 9.
- Campos, Shirley de. 2003.** Medicina Avançada - Dr^a Shirley de Campos. *Clinia Dr^a Shirley de Campos*. [Online] 8 de Junho de 2003. [Citação: 16 de Junho de 2009.] <http://www.drashirleydecampos.com.br/noticias/928>.
- Carneiro, Ana Paula Scalia e Max Anderson Morales dos Santos, Plínio Vasconcelos Maia, Sandhi Maria Barreto. 2002.** Câncer de Pulmão em Trabalhadores expostos à Sílica. 2002. *J Pneumol*. pp. 233-236.
- Capulli, Giuseppe. 1985.** *Processo de coloração artificial de mármore, granitos e rochas em geral*. PI8501553-9 3 de Abril de 1985.
- Carneiro, Ana Paula Scalia, et al. 2002.** Lung cancer in workers exposed to silica. *J Pneumol*. 2002.
- Chang, Raymond. 2006.** *Química Geral*. s.l. : Mc Graw-Hill, 2006.
- Chirsp, Peter. 2003.** *Descobre a Grécia Antiga*. 2003.
- Cordeiro, Ricardo, et al. 2005.** Exposição ao ruído ocupacional como fator de risco para acidentes do trabalho. *Rev Saúde Pública* 2005;39(3):461-6. 2005, p. www.fsp.usp.br/rsp.
- D.Taeger, et al. 2008.** Assessment of exposure in epidemiological studies: the example of silica dust . *JOURNAL OF EXPOSURE SCIENCE AND ENVIRONMENTAL EPIDEMIOLOGY* 18 (5): 452-461 SEP . 2008.
- Darlington, Thomas L. 1995.** Analysis of PM10 trends in the united states from 1988 through 1995. *Air & Waste Manage Association*. 1995.

Deer, W. A., Howie, R. a. e Zussman, J. 2000. *Minerais Constituintes das Rochas - Uma Introdução*. Lisboa : Fundação Caloust Gulbenkian, 2000.

Eurosil. 2009. Eurosil. *The European Association of industrial Silica Producers*. [Online] 2009. [Citação: 1 de Agosto de 2009.] [http://www.ima-eu.org/faq.html?&tx_ttnews\[tt_news\]=15&tx_ttnews\[backPid\]=164&cHash=20df3b4d70](http://www.ima-eu.org/faq.html?&tx_ttnews[tt_news]=15&tx_ttnews[backPid]=164&cHash=20df3b4d70).

Ferreira, Andressa Maria Coelho. 2006. Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica – programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica Universidade Federal do Paraná. *Avaliação do Conforto Acústico em Salas de Aula: Estudo de Caso na Universidade Federal do Paraná*. 2006. http://www.pgmecc.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao_062.pdf.

Frantzich, H. 1998. Risk analysis and Fire safety engineering. *Fire Safety Journal*. 1998, Vols. 31 (313 - 329).

Garcia-Serna, J., Martinez, J.L. e Cocero, M. J. 2007. Green HAZOP analysis: incorporating green engineering into design assessment and implementation of chemical processes. *The Royal Society of Chemistry - Green Chemistry*. 2007, Vols. 9 - (111-124).

Gruenzner, Gerrit. 2003. AVALIAÇÃO DA POEIRA DE SÍLICA:UM ESTUDO DE CASO EM UMA PEDREIRA NAREGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO. *Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São*. 2003.

Gurgel, Dr. Paulo. 2003. Doenças Respiratórias Relacionadas ao Trabalho. 2003.

DOENÇAS RESPIRATÓRIAS RELACIONADAS AO TRABALHO. *Forma-te.com*. [Online] 2008. [Citação: 1 de Julho de 2009.] <http://www.forma-te.com/mediateca/download-document/3805-doencas-respiratorias-relacionadas-trabalho.html..>

Hancher, Dr. Donn e HeshamAbd-Elkhalek, Dr. 1998. The Effect of Hot Weather on Construction Labor Productivity and Costs. *Cost Engineering*. 1998.

Harris, John D. 1976. ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL NOISE EXPOSURE AND ASSOCIATED HEARING DAMAGE RISK FOR AGRICULTURAL EMPLOYEES. 1976. AGRICULTURAL ENGINEERING - OCUPATIONAL NOISE.

Health, National Institute for Occupational Safety and. 2002. Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica. *DHHS (NIOSH) n.º2002-129*. Cincinnati , Ohio : s.n., 2002.

HSE. 2009. Control of exposure to silica dust in potteries. [Online] 2009. [Citação: 30 de Junho de 2009.] <http://www.hse.gov.uk/pubns/ceis2.pdf>.

Noise at Work. *Health and Safety Executive*. [Online] [Citação: 15 de Julho de 2009.] <http://www.hse.gov.uk/noise/index.htm>.

Quarries - Silica. *Health and Safety*. [Online] 2009. [Citação: 30 de Junho de 2009.] <http://www.hse.gov.uk/quarries/silica.htm>.

Inspecção Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território. 2004. Temática das Pedreiras. *Temática das Pedreiras*. 2004.

IPQ. 2000. Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. NP EN ISO 9001:2000. s.l. : Instituto Português da Qualidade, 2000.

J. Edelson, R. Neitzel, H. Meischke, W. Daniell, L. Sheppard, B. Stover, N. Seixas. 2009. Predictors of Hearing Protection Use in Construction. *British Occupational Hygiene Society*. Fevereiro de 2009, pp. 1-11.

J. EDELSON, R. NEITZEL, H. MEISCHKE, W. DANIELL, L. SHEPPARD, B. STOVER, N. SEIXAS. 2009. Predictors of Hearing Protection Use in Construction. *British Occupational Hygiene Society*. Fevereiro de 2009, pp. 1-11.

Janson, H. W. 1984. *Historia da Arte*. 1984.

Kelsall, T. 1988. New Canadian Standard for the measurement of occupational noise exposure . A. Behar , 1988, Dosimeters .

Khan, Faisal I. e Abbasi, S.A. 1998. Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries. *Journal of Loss Prevention in the process industries*. 1998, Vols. 11 (261-277).

Kramer, S. N. 1977. *Os Sumérios*. 1977.

L.Sloss, Lesley e M.Smith, Irene. 1999. PM10 and PM2,5-Aa international perspective. London : s.n., 1999. pp. 127-141.

Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. 2000. Portugal - Industria Extractiva. [Online] 2000. http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/diversos/ind_extractiva/parte1.htm.

Leal, I. Morgado e Fradique, J. 2004. Evolução da Exposição ao Ruído nos Locais de Trabalho na Indústria da Região de Lisboa e Vale do Tejo. Guimarães : s.n., 2004. pp. 1-8.

- Leme, Osvaldo L. S. 2001.** Estudo audiométrico comparativo entre trabalhadores de área hospitalar expostos e não expostos a ruído. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. 2001.
- Lewis, P. A. e Wiley and Sons, J. 1998.** *Pigment Handbook*. 1998.
- Lopes, Ricardo França. 2007.** Condições de conforto térmico na construção de Edifícios. *Dissertação de Mestrado*. 2007.
- López Jimeno, Carlos, et al. 1998.** *Aridos, Manual de Prospeccion, Explotacion Y Aplicaciones*. Madrid, Spain : s.n., 1998.
- Lusa, Agência. 2008.** DOENÇAS PROFISSIONAIS ESTÃO A AUMENTAR EM PORTUGAL. [Online] 10 de Outubro de 2008. [Citação: 15 de Junho de 2009.] <http://www.tribunamedicapress.pt/nacional-1/10956-doencas-profissionais-estao-a-aumentar-em-portugal>.
- Lustre, Francisco de Moraes. 2003.** *Pedra Natural Clarificada e Processo de Obtenção*. PI0304389-4 BR / PR, 10 de Junho de 2003.
- Macedo, Ricardo Jorge. 1962.** *A Prevenção técnica da silicose e o controle dos empoeiramentos*. s.l. : E.N.T.S.F.M., 1962. Vols. XVI - Fs. 1-2.
- Maia, Liliana Maurícia Neves. 2008.** A influência da protecção individual auditiva na percepção de estímulos acústicos de alarme. *Dissertação*. Guimarães : s.n., 2008. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/8208>.
- Mantovani, Prof Dr Luis Eduardo e Lopes, Kelita. 2004.** Um estudo da poeira respirável de basalto, na produção de brita, e sua influência para o sistema respiratório do trabalhador. *XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção*. 2004.
- MARTINET, C. e MEYER, JP. 1999.** Travail à la chaleur et confort thermique. *Institut National de Recherche et de Sécurité*. [Online] Dezembro de 1999. [Citação: 4 de Junho de 2009.] [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/ns%20184/\\$file/ns184.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/ns%20184/$file/ns184.pdf).
- Martinez, Francisco Herraiz, Martinez, Miguel Herraiz e Martinez, Juan José Herraiz. 2001.** *Método e formulação para coloração de rochas naturais e/ou artificiais e colorações resultantes*. EP 1347019 A1 Espanha / Valência, 7 de Dezembro de 2001.

McCool, Judith P., et al. 2009. Outdoor Workers, Perceptions Of the Risks Of Excess Sun Exposure. 2009.

Meeker, JD. 2009. Engineering Control Technologies to Reduce Occupational Silica Exposures in Masonry Cutting and Tuckpointing . *PUBLIC HEALTH REPORTS* . 2009.

Metade dos portugueses exposta a níveis de ruído perigosos. **Carvalho, Rita. 2008.** 29 de Fevereiro de 2008, Diário de Notícias.

Miguel, Alberto Sérgio. 2007. *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho.* s.l. : Porto Editora, 2007.

Miguel, Alberto Sérgio, et al. 2005. Manual de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho para as indústrias da fileira de madeira. 2005.

Miguel, Alberyio Sérgio S.R. 2007. *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho - 10ª edição.* s.l. : Porto Editora, 2007. pp. 300-305.

Ministério do Trabalho e da Solidariedade Solcial - Gabinete de Estratégia e Planeamento. Acidentes de Trabalho 2006. 2006.

Moran, D.S., et al. 2002. Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. *Elsevier* . 2002.

Moran, Daniel S., et al. 2001. An environmental stress index(ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature. *Elsevier*. 2001.

Moura, Casal. 2005. *Rochas Ornamentais.* Porto : FEUP, 2005.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) . 1992. Preventing Silicosis and Deaths From Sandblasting . 1992.

National Institute for Occupational Safety and Health. 1974. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Crystalline Silica. *DHHS (NIOSH) Publication No. 75-120.* 1974.

Nery, L E, et al. 1993. Additive effects of exposure to silica dust and smoking on pulmonary epithelial permeability: aradioaerosol study with technetium-99m labelled DTPA. 1993.

Neves, J.M.Correira. 1960. *Análise mineralógica de resíduos de calcinação de pulmões penumoconióticos.* s.l. : E.N.T.S.F.M., 1960. Vols. XIV(3-4).

Oliveira, Avelino Virgilio Fernandes Monteiro de. 2006. Estudo de Ambientes Térmicos Frios : Desenvolvimentos Experimentais e Avaliação de Condições de Trabalho. *Tese de Doutoramento*. Coimbra : s.n., 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/1691> .

P.Tincolini, et al. 1970. Thermal Confort and physiological responses of foundry workers. 1970.

Pelaes, Eduardo Humberto Mendivil. 2004. *Processo químico orgânico de coloração e protecção de Rochas Calcárias, Carbonáticas, e Vulcânicas*. PI0215960-0 PI0304328-2 BR / RJ, 3 de Fevereiro de 2004.

Phillips, D.N., Suckling, T.M. e Bronswijk, W. Van. 1995. Quantitative Determination of Silicon in Silica dust by FT- Raman Spectroscopy. *Talanta*. s.l. : Elsevier, 1995.

Phillips, D.N., Suckling, T.M. e Bronswijk, W. van. 1996. Quantitative determination of silicon in silica dust by FT-Raman spectroscopy. *Talanta*. 1996.

PM10 and PM2,5 : a international perspective. **Sloss, Lesley L. e Smith, Irene M. 1999.** London : s.n., 1999. IEA Coal Research, The Clean Coal. pp. 127-141.

Prince, Mary M. 2002. Distribution of risk factors for hearing loss: Implications for evaluating risk of occupational noise-induced hearing loss. . *Acoust. Soc. Am. Volume 112, Issue 2*, pp. 557-567 . 2002.

Producers, The European Association of Industrial Silica. 2009. Eurosil. *The European Association of Industrial Silica Producers*. [Online] 2009. [Citação: 1 de Agosto de 2009.] [http://www.ima-eu.org/faq.html?&tx_ttnews\[tt_news\]=15&tx_ttnews\[backPid\]=164&cHash=20df3b4d70](http://www.ima-eu.org/faq.html?&tx_ttnews[tt_news]=15&tx_ttnews[backPid]=164&cHash=20df3b4d70).

Rabaca, José Manuel Marques Fernandes, Coelho, João Miguel Pinto e Simões, Fernando Antonio dos Santos. 1994. *Método para colorir peças de rocha por raio laser*. PI9408421-1 PT, 25 de Outubro de 1994.

Rangel, Paulo. DOENÇAS RESPIRATÓRIAS RELACIONADAS AO TRABALHO.

Rebelo, Ana Teresa Bragança. 2008. RISCOS NAS SALAS DE AULA - ESTUDO DE UM CASO . *Tese submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais*. Junho de 2008.

Rodrigues, Edmundo. 2005. Ambiente Térmico nas Construções. *Fisiologia e Homeotermia*. 2005.

Rodrigues, Gilson Lucio, Mantovani, Prof. Dr Luis Eduardo e Lopes, Kelita. 2004. Um estudo da poeira respirável de basalto, na produção de brita. Florianópolis : s.n., 2004. pp. 2586-2592.

Rogers, R. L. 2000. *Methodology for the Risk Assessment on Unit Operations and Equipment for use in Potentially Explosive Atmospheres*. s.l. : EU Project No: SMT4-CT97-2169, 2000.

Royal. 2003. Royal - Marmores e Granitos. *Royal - Marmores e Granitos*. [Online] Royal, 2003. [Citação: 17 de Dezembro de 2008.] http://www.royalonline.com.br/pt/cor_intercristalina.htm.

Sá, Ricardo. 1999. Introdução ao “stress” térmico em ambientes quentes. *TECNOMETAL* n.º 124 . 1999.

Santos, N. 2009. Aula 6 – Condições Ambientais de Trabalho, Ergonomia e Segurança Industrial. – *Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – Centro Tecnológico Universidade Federal de Santa Catarina*. [Online] 1 de Agosto de 2009. <http://www.eps.ufsc.br/ergon/disciplinas/EPS5225/aula6.htm>.

Saplei. 2008. Saplei. *Saplei*. [Online] Saplei, 2008. [Citação: 12 de Dezembro de 2008.] http://www.saplei.eesc.usp.br/alunos_2007/Sven/Arquitetos Insight/Rem Koolhaas...OMA/Arquitetos Insight.html.

Sataloff, Robert Thayer e Sataloff, Joseph. 2006. Occupational Hearing Loss - Third Edition. 2006.

Smith, Ray. 2003. *The Artist's Handbook*. s.l. : DK Publishing, 2003.

Soares, A. Gonçalves. 1957. *A luta cintra a silicose nas minas do Pejão*. s.l. : E.N.T.S.F.M., 1957. Vols. XII - Fs. 3-4.

Suter, Alice H. 1998. Ruído- Riesgos Generales. *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*. 1998.

Talaia, M.A.R. 2004. O Conforto Térmico e as Alterações Ambientais- Um Estudo de Caso em Ambiente Quente. 2004.

Telo, Emília. 2008. Riscos de Exposição à Sílica em contexto laboral. 17 de Dezembro de 2008.

The European Network on Silica. 2006. Good Practice Guide. *NEPSI -The European Network on Silica*. [Online] 2006. [Citação: 22 de Junho de 2009.] www.nepsi.eu.

Thomas, H. Randolph, Riley, David R. e Sanvido, Victor E. 1999. LOSS OF LABOR PRODUCTIVITY DUE TO DELIVERY METHODS AND WEATHER. *JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT*. 1999.

Tixier, J., et al. 2002. Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. *Journal of Loss Prevention in te process industries*. 2002, Vols. 15 - (291-303).